

doi:10.11751/ISSN.1002-1280.2023.07.06

复方中药治疗鸡实验性镉中毒的效果研究

徐浩¹,艾淼¹,杨剑^{1,2},宋旭琴^{1,2},欧德渊^{1,2}

(1. 贵州大学动物科学学院, 贵阳 550025;

2. 贵州省动物疫病与兽医公共卫生重点实验室, 贵阳 550025)

[收稿日期] 2022-09-23 [文献标识码] A [文章编号] 1002-1280 (2023) 07-0042-09 [中图分类号] S859.79

[摘要] 为研究复方中药治疗鸡实验性镉中毒的作用机理。试验选取 90 只鸡随机分为 3 组(空白对照组、阳性组、中药治疗组),每组 30 只。空白组饲喂基础日粮,阳性组饲喂基础日粮+40.31 mg/kg 氯化镉,中药治疗组饲喂基础日粮+40.31 mg/kg 氯化镉+4.7 g/kg 复方中药,试验期为 90 d。在试验第 30 d、60 d、90 d,每组随机取 10 只鸡,测定体重,采血测血清中丙二醛(MDA)、一氧化氮(NO)的含量,超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)、一氧化氮合酶(NOS)的活性,取心脏、肝脏、脾脏、肺脏、肾脏、跖骨检测其镉含量,90 d 时另取部分组织器官进行固定制作切片。阳性组鸡体重均显著低于空白对照组鸡体重($P < 0.05$),中药治疗组鸡体重显著高于阳性组鸡体重($P < 0.05$);中药治疗组能明显缓解镉引起心脏、肝脏、脾脏、肺脏、肾脏、跖骨炎性细胞浸润,出血等病变;阳性组血清中 SOD、GSH-Px、NOS 活性 NO 含量显著低于空白对照组($P < 0.05$),MDA 含量显著高于空白对照组($P < 0.05$);中药治疗组 SOD、GSH-Px、NOS 活性 NO 含量显著高于阳性组($P < 0.05$),MDA 含量显著低于阳性组($P < 0.05$);阳性组各组织器官镉含量显著高于空白对照组($P < 0.05$),中药治疗组各组织器官镉含量显著低于阳性组($P < 0.05$)。复方中药能降低鸡组织器官镉蓄积,增强实验性镉中毒鸡的抗氧化能力,缓解镉引起鸡组织器官的损伤。

[关键词] 镉中毒;复方中药;鸡;抗氧化;镉蓄积

Mechanism of Compound Chinese Medicine in Treating Experimental Cadmium Poisoning in Chickens

XU Hao¹, AI Miao¹, YANG Jian^{1,2}, SONG Xu-qing^{1,2}, OU De-yuan^{1,2*}

(1. College of Animal Sciences, Guizhou University, Guiyang 550025, China;

2. Guizhou Key Laboratory of animal epidemics and veterinary public health, Guiyang 550025, China)

Abstract: In order to study the mechanism of compound Chinese medicine in treating experimental cadmium poisoning

基金项目: 贵州省科技计划项目(黔科合基础-ZK[2022]一般129);贵州省普通高等学校青年科技人才成长项目(黔教合KY字[2022]151号)

作者简介: 徐浩,硕士研究生,主要从事动物病理学研究。

通讯作者: 欧德渊。E-mail: dyou@gzu.edu.cn

in chickens, 90 chickens were randomly divided into three groups (conventional group, positive group and Chinese medicine treatment group), 30 chickens in each group. The conventional group was fed with basic diet, the positive group was fed with basic diet + 40.31 mg/kg dose of CdCl_2 , and the traditional Chinese medicine treating group was fed with basic diet + 40.31 mg/kg dose of CdCl_2 + 4.7 g/kg traditional Chinese medicine for 90 days. On the 30th, 60th and 90th days of the experiment, 10 chickens in each group were randomly taken. The body weight and the contents of MDA, SOD, GSH - Px, NO and NOS in serum were measured. After death, the contents of cadmium in heart, liver, spleen, lung, kidney and leg bone were measured. At 90th day, took parts of heart, liver, spleen, lung, kidney, leg bone and fixed them in the related fixative to prepare for making slices. Results: The body weight of the cadmium group was significantly lower than that of the blank control group ($P < 0.05$), and that of the traditional Chinese medicine treatment group was significantly higher than that of the cadmium group ($P < 0.05$); The traditional Chinese medicine treatment group can obviously alleviate the inflammatory cell infiltration and bleeding of the heart, liver, spleen, lung, kidney and metatarsal bone caused by cadmium; The content of SOD, GSH Px, NOS activity and NO in the positive group was significantly lower than that in the blank control group ($P < 0.05$), while the content of MDA was significantly higher than that in the blank control group ($P < 0.05$); The content of SOD, GSH Px and NOS activity NO in the treatment group was significantly higher than that in the positive group ($P < 0.05$), while the content of MDA was significantly lower than that in the positive group ($P < 0.05$); The cadmium content in the positive group was significantly higher than that in the conventional group ($P < 0.05$). The cadmium content in tissues and organs of the Chinese medicine treatment group was significantly lower than that of the positive group ($P < 0.05$). The compound Chinese medicine can reduce the accumulation of cadmium in chicken tissues and organs, enhance the antioxidant capacity of experimental cadmium poisoned chickens, and alleviate the damage of chicken tissues and organs caused by cadmium.

Key words: cadmium poisoning; compound chinese medicine; chicken; antioxidant; cadmium accumulation

镉(Cadmium, Cd)是一种有色重金属元素,随着工业化的发展和人类活动导致环境镉污染越来越严重^[1]。镉及其相关化合物可通过环境中的水、空气和土壤进入植物体内,并通过食物链在动物及人体内蓄积,诱导细胞氧化损伤和细胞凋亡,造成组织器官受损^[2]。20 世纪 50 年代,日本富山县神通川流域居民由于食用“镉米”而引发“痛痛病”事件^[3]。也有研究表明大气镉污染主要通过呼吸道进入人体,当镉进入人体后,它通过红细胞和白蛋白进入血液,然后积聚在肾脏、肝脏和肠道^[4]。镉的生物半衰期长达 10 - 30 年,进入机体后可持续发挥毒性,损害身体健康^[5]。目前普遍采用西药缓解镉对组织器官的损伤作用,降低镉在体内的蓄积,但存在不同程度的不良反应^[6]。近年研究发现:中药对镉中毒所致的肝肾损伤、耳损伤有一定

保护作用^[7-9]。中药治疗镉中毒与西药不同,中药通过多途径多靶点治疗镉中毒,更强调整体性,中药既可通过减少镉吸收加速镉代谢,又可通过抗氧化损伤、增强机体防御力等途径协同治疗镉中毒^[10,11]。故本研究以染镉的黑脚麻鸡为试验动物,用复方中药进行治疗,通过体质量、病理学观察、组织器官镉含量及抗氧化功能等测定,对复方中药对镉致鸡内脏及骨骼损伤的保护作用进行研究,为复方中药防治禽类镉中毒提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验药物 根据加味肾气汤^[12]基础上稍加改进的复方中药,主要成分为黄芪、当归、熟地、山萸肉、云茯苓、泽泻、丹皮、肉桂、熟附子、淮山药 10 味中药,均购自贵州省贵阳市花溪区中医院,执行标准为《中国药典》2015 年版一部^[13]。置于 80 °C

烘箱烘干,粉碎过 100 目筛保存备用。

1.2 主要试剂 氯化镉($\text{CdCl}_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$,分析纯,上海化学试剂厂),丙二醛(MDA)试剂盒、超氧化物歧化酶(SOD)试剂盒、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)试剂盒、一氧化氮(NO)试剂盒、一氧化氮合酶(NOS)试剂盒,均购自上海盈公酶联检测试剂有限公司。

1.3 主要仪器 ICP-MS-X2 电感耦合等离子体质谱仪,美国 Thermo Fisher 公司; Sunrise-Basic Tecan 酶标仪,帝肯奥地利有限公司。

1.4 复方中药治疗剂量的确定 本试验以高剂量 4.7 g/kg 复方中药、中剂量 2.35 g/kg 复方中药、低剂量 0.47 g/kg 复方中药饲喂染镉黑脚麻鸡,高剂量中药组体重显著高于染镉组($P < 0.05$),中剂量与低剂量中药组也高于染镉组,但差异不显著。故本试验剂量为 4.7 g/kg 为此次试验治疗的剂量。

1.5 分组与处理 将 90 只 30 日龄体重相近黑脚麻鸡(购于贵阳市龙洞堡某禽苗批发公司)随机分为 3 组,30 只/组,公母各半,分别为空白对照组、阳性组、中药组,空白组饲喂基础日粮,阳性组饲喂基础日粮 + 40.31 mg/kg CdCl_2 ,中药组饲喂基础日粮 + 40.31 mg/kg CdCl_2 + 4.7 g/kg 复方中药。各组均分笼常规饲养,温度控制在 20 °C 左右,湿度 70% 左右,自由采食和饮水。饲料组分:粗蛋白质 $\geq 16.0\%$,粗纤维 $\leq 8.0\%$,粗灰分 $\leq 8.0\%$,钙为 0.6% ~ 1.3%,总磷 $\geq 0.5\%$,盐 0.2% ~ 0.8%,蛋氨酸 $\geq 0.65\%$,水分 $\leq 13.5\%$ 。电感耦合等离子体质谱法测得配合饲料内镉含量 ≤ 0.201 mg/kg,符合国家饲料卫生标准(GB13078-2001:鸡配合饲料内镉含量 ≤ 0.5 mg/kg)。第 30 d、60 d、90 d 时

每组随机取 10 只鸡,测定体重,采血后处死,采集组织器官。将采集的动物样品先用滤纸吸干水,然后用高速组织捣碎机捣碎后,各样称取约 0.5 g 于消解罐中,再各加入 10 mL HNO_3 ,同时做空白样,拧松盖子置于通风橱内预消解 2 h,再拧紧盖子摇匀,放入微波消解仪中消解。消解结束后,待完全冷却至室温,将消解液用超纯水转移并定容至 50 mL 容量瓶中,混匀待检^[14]。

1.6 病变观察 常规石蜡切片,HE 染色后进行病变观察。

1.7 氧化还原指标检测 血清中 SOD、GSH-Px、NOS、MDA 和 NO 的采用试剂盒测定,操作方法严格按照说明书进行。

1.8 组织器官镉含量测定 心脏、肝脏、肺脏、肾脏、脾脏、跖骨中镉含量检测均参照张曦^[15]文献中 ICP-MS 法进行。按式计算样品中镉的含量: $X_i = (C_i - C_{io}) \times V/m \times 100$, X_i 为样品中镉的含量/(mg/kg); C_i 为从标准曲线上查得样液中镉的浓度/($\mu\text{g/L}$); C_{io} 为从标准曲线上查得空白溶液中镉的浓度/($\mu\text{g/L}$); V 为样液的总体积/mL; m 为样品的质量/g。

1.9 统计分析 试验数据经 Excel2010 处理后,采用 SPSS20.0 统计软件分析,结果以“平均值 \pm 标准差”表示,结果的差异性分析采用配对样本 t 检验法, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 复方中药对染镉鸡体重的影响 由表 1 可知,饲养 30 d、60 d 和 90 d 后,阳性组鸡体重均显著低于空白对照组的鸡体重($P < 0.05$);中药治疗组体重显著高于阳性组鸡体重($P < 0.05$)。

表 1 复方中药对染镉鸡体重的影响 (kg)

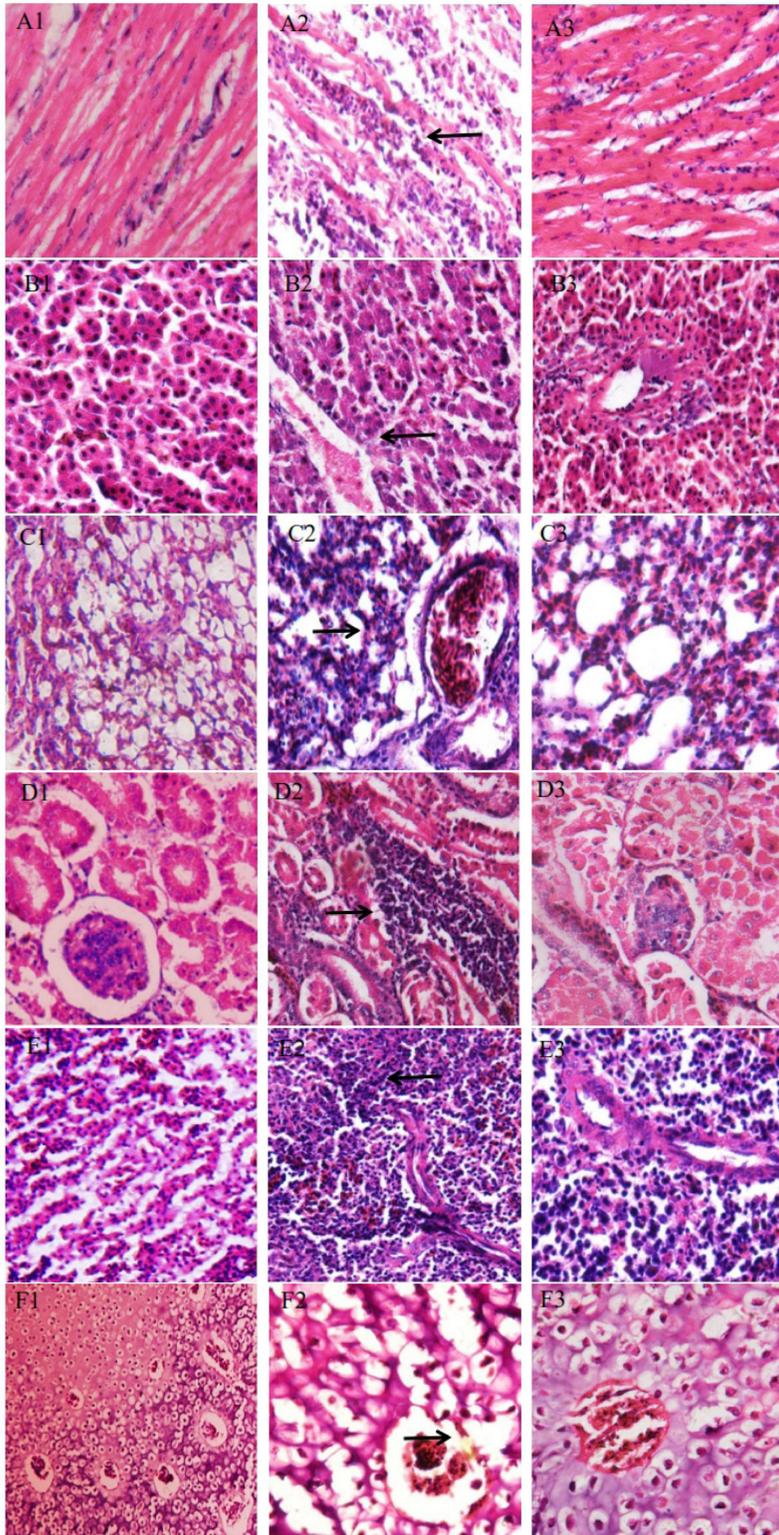
Tab 1 The Effect of Compound Chinese Medicine on the Body Weight of Cadmium Exposed Chickens (kg)

时间(d)	空白对照组	阳性组	中药治疗组	P 值
30	1.126 \pm 0.105 ^a	0.677 \pm 0.012 ^c	0.766 \pm 0.010 ^b	0.008
60	1.211 \pm 0.153 ^a	0.621 \pm 0.020 ^c	0.787 \pm 0.038 ^b	0.014
90	1.321 \pm 0.173 ^a	0.563 \pm 0.099 ^c	0.895 \pm 0.025 ^b	0.090

注:同行数据肩注不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),相同小写字母表示差异不显著($P > 0.05$),下同。

2.2 复方中药对染镉鸡组织器官病变的影响 阳性组心肌纤维间质内有大量的嗜中性粒细胞和淋巴细胞等炎症细胞浸润,纤维出现紊乱现象,部分

出现断裂,并伴有坏死灶(图 1-a2);中药治疗组炎症细胞明显减少,心肌纤维断裂现象减少,排列较为整齐,坏死细胞减少(图 1-a3)。



A1. 空白组心脏; A2. 阳性组心脏; A3. 中药治疗组心脏; B1. 空白组肝脏; B2. 阳性组肝脏; B3. 中药治疗组肝脏; C1. 空白组肺脏; C2. 阳性组肺脏; C3. 中药治疗组肺脏; D1. 空白组肾脏; D2. 阳性组肾脏; D3. 中药治疗组肾脏; E1. 空白组脾脏; E2. 阳性组脾脏; E3. 中药治疗组脾脏; F1. 空白组跖骨; F2. 阳性组跖骨; F3. 中药治疗组跖骨

图 1 复方中药对染镉鸡心脏、肝脏、肺脏、脾脏、跖骨组织结构的影响(400 ×)

Fig 1 Effect of Compound Chinese Medicine on the Structure of Heart, Liver, Lung, Spleen, and Metatarsal Bone in Cadmium Exposed Chickens(400 ×)

阳性组肝脏中央静脉有出血、充血现象,周围有以淋巴细胞为主的炎症细胞浸润,肝细胞索排列紊乱,肝小叶界限不清(图 1 - b2);中药治疗组肝细胞索结构变清晰、炎性细胞浸润减少、中央静脉充血现象明显缓解(图 1 - b3)。

阳性组肺泡内充满大量的中性粒细胞,肺间质炎症细胞浸润,肺泡壁毛细血管扩张淤血,部分肺泡断裂,部分细胞脱落、坏死(图 1 - c2)。中药治疗组肺泡及肺间质内的炎症细胞明显减少,出血充血现象缓解(图 1 - c3)。

阳性组肾小球旁的间质内有以淋巴细胞为主的炎症细胞浸润,部分肾小管结构破坏,近曲小管、远曲小管上皮细胞肿胀,管腔渗出物增多,肾间质内出现出血、充血现象(图 1 - d2);中药治疗组肾小管受损结构逐渐恢复,肾小球肿胀现象减轻(图 1 - d3)。

阳性组脾脏出现出血性坏死并伴有炎症细胞浸润(图 1 - e2);中药治疗组脾脏出血现象减轻,炎症细胞大量减少(图 1 - e3)。

阳性组中骨小梁纤细且有部分断裂,骨髓腔内造血细胞数量明显减少,部分骨髓腔增大甚至破裂(图 1 - f2);中药治疗组骨小梁排列较为整齐,骨髓腔内造血细胞数量增多(图 1 - f3)。

2.3 复方中药对阳性组鸡组织器官中镉含量的影响 30 d,中药治疗组肝脏、肾脏、跖骨的镉含量显著低于阳性组的含量($P < 0.05$);60 d,中药组心脏、肝脏、脾脏、肺脏、肾脏、腿骨的镉含量均是显著低于阳性组的含量($P < 0.05$);90 d,中药治疗组心脏、肝脏、脾脏、肺脏、肾脏、跖骨的镉含量是显著低于阳性组的含量($P < 0.05$)。见表 2。

表 2 复方中药对染镉鸡组织器官中镉含量的影响 (mg/kg)

Tab 2 Effect of Compound Chinese Medicine on Cadmium Content in Tissues and Organs of Cadmium Exposed Chickens

指标	时间(d)	空白对照组	阳性组	中药治疗组	P 值
心脏	30	0.002 ± 0.001 ^b	0.149 ± 0.015 ^a	0.135 ± 0.028 ^a	0.159
	60	0.009 ± 0.002 ^c	0.156 ± 0.018 ^a	0.128 ± 0.003 ^b	0.059
	90	0.002 ± 0.027 ^c	0.189 ± 0.028 ^a	0.121 ± 0.023 ^b	0.977
肝脏	30	0.091 ± 0.024 ^c	13.398 ± 0.790 ^a	11.550 ± 0.984 ^b	0.122
	60	0.088 ± 0.043 ^c	15.813 ± 0.484 ^a	10.049 ± 0.435 ^b	0.228
	90	0.106 ± 0.021 ^c	16.421 ± 0.983 ^a	9.349 ± 0.914 ^b	0.126
脾脏	30	0.003 ± 0.042 ^b	1.725 ± 0.632 ^a	1.539 ± 0.558 ^a	0.163
	60	0.002 ± 0.028 ^b	2.521 ± 0.714 ^a	1.453 ± 0.656 ^a	0.110
	90	0.0002 ± 0.003 ^b	2.847 ± 0.829 ^a	1.228 ± 0.836 ^b	0.114
肺脏	30	0.016 ± 0.004 ^b	0.430 ± 0.223 ^a	0.336 ± 0.133 ^a	0.061
	60	0.028 ± 0.007 ^b	0.676 ± 0.271 ^a	0.279 ± 0.126 ^b	0.069
	90	0.024 ± 0.009 ^b	1.152 ± 0.721 ^a	0.178 ± 0.092 ^b	0.007
肾脏	30	0.152 ± 0.018 ^c	22.432 ± 1.423 ^a	19.124 ± 1.296 ^b	0.108
	60	0.214 ± 0.261 ^c	24.454 ± 3.012 ^a	18.312 ± 2.961 ^b	0.141
	90	0.181 ± 0.012 ^c	27.700 ± 1.203 ^a	17.810 ± 1.474 ^b	0.028
跖骨	30	0.045 ± 0.012 ^c	0.480 ± 0.021 ^a	0.436 ± 0.013 ^b	0.442
	60	0.051 ± 0.013 ^c	0.568 ± 0.055 ^a	0.392 ± 0.059 ^b	0.185
	90	0.003 ± 0.004 ^c	0.773 ± 0.177 ^a	0.327 ± 0.101 ^b	0.084

2.4 复方中药对染镉鸡血清抗氧化指标的影响

由表 3 可知,对试验鸡进行染镉饲养 30 d、60 d 和 90 d,空白对照组血清中 GSH - Px、NOS、SOD 的活性 NO 的含量都是显著高于阳性组的值 ($P < 0.05$),血清中 MDA 的含量显著低于阳性组的含量 ($P < 0.05$);在染镉饲养 30 d 后中药治疗组血清中的 GSH - Px、NOS、SOD 活性 NO 的含量都是显著高于阳性组的值 ($P < 0.05$),MDA 的含量是显著低于

阳性组的含量 ($P < 0.05$);在染镉饲养 60 天后,中药治疗组血清中 NOS、SOD、GSH - Px 的活性 NO 的含量都是显著高于阳性组的值 ($P < 0.05$),MDA 的含量为显著低于阳性组的含量 ($P < 0.05$);在染镉饲养 90 天后,GSH - Px、NOS、SOD 活性 NO 含量都是显著高于阳性组的值 ($P < 0.05$),MDA 的含量都是显著低于阳性组的含量 ($P < 0.05$)。

表 3 复方中药对染镉鸡血清抗氧化指标的影响

Tab 3 Effect of Compound Chinese Medicine on Serum Antioxidant Index in Cadmium Exposed Chickens

指标	时间 (d)	空白对照组	阳性组	中药治疗组	P 值
GSH - Px (ng/mL)	30	0.826 ± 0.056 ^a	0.555 ± 0.034 ^c	0.648 ± 0.032 ^b	0.392
	60	0.836 ± 0.084 ^a	0.528 ± 0.017 ^c	0.657 ± 0.020 ^b	0.037
	90	0.822 ± 0.084 ^a	0.495 ± 0.027 ^c	0.678 ± 0.031 ^b	0.037
NO (ng/mL)	30	3.674 ± 0.449 ^a	1.611 ± 0.428 ^c	2.575 ± 0.358 ^b	0.900
	60	3.493 ± 0.394 ^a	1.184 ± 0.199 ^c	2.703 ± 0.354 ^b	0.628
	90	3.316 ± 1.141 ^a	0.733 ± 0.037 ^b	2.836 ± 0.669 ^a	0.024
NOS (ng/mL)	30	4.781 ± 0.819 ^a	1.981 ± 0.697 ^c	3.389 ± 0.477 ^b	0.291
	60	4.753 ± 0.856 ^a	1.417 ± 0.696 ^b	3.479 ± 0.927 ^a	0.894
	90	4.847 ± 0.894 ^a	1.272 ± 0.703 ^b	3.667 ± 0.659 ^a	0.803
SOD (pg/mL)	30	0.716 ± 0.160 ^a	0.404 ± 0.024 ^b	0.578 ± 0.031 ^a	0.229
	60	0.691 ± 0.104 ^a	0.341 ± 0.059 ^b	0.591 ± 0.0421 ^a	0.016
	90	0.701 ± 0.113 ^a	0.265 ± 0.091 ^b	0.601 ± 0.065 ^a	0.830
MDA (ng/mL)	30	30.715 ± 8.142 ^b	45.129 ± 5.326 ^a	35.944 ± 0.648 ^b	0.000
	60	30.396 ± 3.260 ^b	45.991 ± 6.550 ^a	34.830 ± 2.275 ^b	0.061
	90	31.197 ± 5.498 ^b	46.805 ± 3.536 ^a	33.691 ± 2.534 ^b	0.223

3 讨论与结论

镉可致家禽体重增重减缓甚至负增长,降低饲料转化率^[16]。本试验中镉暴露后阳性组鸡体重下降,中药治疗组体重显著高于阳性组,随着治疗时间的延长,中药治疗组的体重逐渐趋近空白对照组的体重。这与吴海涛^[17]等用加味肾气汤治疗大鼠慢性镉中毒结果一致,中药治疗组体重增长率优于染镉组。说明本试验选用的复方中药有利于染镉鸡体重的增长,能提高其生长性能,对染镉鸡体重

下降起到很好的缓解作用。

通过检测各组织器官之间的镉含量,发现中药治疗组各组织镉含量显著低于阳性组,且其差距随着治疗时间延长而增加,显示出该复方中药缓解镉中毒的时间 - 效应,饲喂 90 d 后,中药治疗组肝脏、肾脏的炎症细胞明显减少,出血现象明显减轻;脾脏的萎缩现象得到缓解;心脏、肺脏、跖骨断裂受损的结构得到恢复。相关研究中也发现黄芪多糖能够拮抗铅镉引起的脾细胞凋亡,降低铅镉致鸡脾脏

细胞 DNA 片段化程度,减轻重金属对细胞 DNA 的损伤^[18],绿原酸可与体内的二价重金属镉离子进行螯合,降低血镉水平,拮抗镉中毒引起的氧化应激损伤,对鸡镉中毒引起肝细胞损伤起保护作用^[19]。本试验复方中药治疗后各组织器官镉含量都显著低于阳性组,且治疗天数与镉蓄积量呈负相关,可能是该复方中药通过促进镉排出来缓解镉对其各组织器官的损伤。

研究表明,镉暴露会导致机体出现氧化应激,镉既可以促进机体产生氧化损伤,又可以使机体的抗氧化功能受到损害^[20],染镉动物肝细胞中 GSH - Px 和 SOD 活力下降,而 MDA 水平升高,肝脏对氧化自由基的消除能力明显下降^[21],机体 NO 浓度升高与活性氧反应生成更高氧化能力的亚硝基自由基,一氧化氮合酶 NOS 活性增强,产生更多 NO 而造成氧化损伤^[22]。研究发现黄酮类化合物如姜黄素、槲皮素可抑制 NOS 的活性降低 NO 浓度而起到抗氧化作用^[23]。山药多糖对镉染毒大鼠的肝脏及肾脏氧化损伤具有明显的拮抗作用^[24],可提高 SOD 和 GSH - Px 的含量,降低 MDA 的含量,加速镉在肝脏代谢产生自由基的清除^[25]。当归多糖改善镉致肝损伤机制则可能与调节参与物质代谢相关的酶活性和调控参与细胞凋亡的相关凋亡蛋白的表达紧密相关^[26]。染镉后机体细胞在镉的刺激下可降低 SOD 的活性同时又产生大量的自由基,引起镉中毒体内自由基量越来越多,而黄芪能抵抗生物膜脂质过氧化,清除氧自由基,保护染镉的睾丸组织^[27]。在本试验中,中药治疗组血清中 GSH - Px、NOS、NO 和 SOD 的含量均显著高于阳性组,但 MDA 的含量显著低于阳性组,说明该复方中药能够有效升高阳性组鸡血清中的 GSH - Px、NOS、NO 和 SOD 的值,并且对于血清中 MDA 的含量的降低具有一定促进作用,可能与该复方中药中黄芪、当归、山药能够有效升高阳性组鸡血清中抗氧化酶活力,减少脂质过氧化反应产物有关。

本试验复方中黄芪、当归、熟地、山萸肉、云茯苓、淮山药为该复方中药的重要组成成分,具有较强的抗氧化和提高机体免疫力功能,可通过降低镉

在组织中的蓄积,清除体内自由基,调节参与物质代谢相关的酶活性来缓解染镉鸡组织器官的损伤,可为复方中药应用于治疗畜禽镉中毒提供一定的参考依据。

参考文献:

- [1] 徐慧慧,王萌,张润,等. 土壤镉污染的生物毒性研究进展[J]. 生态毒理学报,2020,15(5):82-91.
Xu J H, Wang M, Zhang R, *et al.* Research progress on the biological toxicity of cadmium pollution in soil [J]. Journal of Ecotoxicology, 2020, 15(5): 82-91.
- [2] 李沛轩,钟理,郭蕊. 重金属镉致心血管疾病的潜在机制及治疗对策[J]. 中国科学:生命科学,2021, 51(9): 1241-1253.
Li P X, Zhong L, Guo R. Potential mechanism and treatment of cardiovascular disease induced by heavy metal cadmium [J]. Science in China: Life Science, 2021, 51(9): 1241-1253.
- [3] 易宗妮,何作顺. 镉污染与痛痛病[J]. 职业与健康, 2014, 30(17): 2511-2513.
Yi Z W, He Z S. Cadmium pollution and pain [J]. Occupation and health, 2014, 30(17): 2511-2513.
- [4] Tinkov A, Gritsenko V A, Skalnaya M, *et al.* Gut as a target for cadmium toxicity [J]. Environmental Pollution, 2018, (235): 429-434.
- [5] Yasushi S, Kazuhiro N, Teruhiko K, *et al.* Biological half-life of blood cadmium level of inhabitants in cadmium-polluted area [J]. Toxicology Letters, 2012, (211): 146.
- [6] 陈敏,谢吉民,荆俊杰. 五种螯合剂对镉致小鼠脏器脂质过氧化作用的影响[J]. 环境与职业医学, 2003, (03) 222-224.
Chen M, Xie J M, Jing J J. Effects of five chelating agents on cadmium induced lipid peroxidation in mice [J]. Environmental and occupational medicine. 2003, (03) 222-224.
- [7] Kim S J, Myung N Y, Shin B G, *et al.* Protective effect of a Chrysanthemum indicum containing formulation in cadmium-induced ototoxicity [J]. The American Journal of Chinese Medicine, 2011, 39(3): 587-600.
- [8] 江励华,王明艳. 加味肾气汤抑制镉所致大鼠肾脏上皮细胞凋亡的作用研究[J]. 医药导报, 2006(5): 389-391.
Jiang N H, Wang M Y. Effect of Jiawei Shenqi Decoction on Inhibiting Cadmium induced Apoptosis of Renal Epithelial Cells in Rats [J]. Medical guide, 2006(5): 389-391.
- [9] 费东亮,肖银霞,陈强,等. 玉屏风散颠顶镉致鸡肝氧化损伤作用的研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(14): 96-98.

- Fei D L, Xiao Y X, Chen Q, *et al.* Study on the Antagonistic Effect of Yupingfeng Powder on Oxidative Damage of Chicken Liver Induced by Cadmium [J]. Chinese Agronomy Bulletin, 2012, 28(14): 96-98.
- [10] 丁通, 骆骄阳, 杨世海, 等. 天然药物防治镉中毒的现代研究进展[J]. 中国中药杂志, 2018, 43(10): 2006-2013.
- Ding T, Luo J Y, Yang S H, *et al.* Modern research progress in the prevention and treatment of cadmium poisoning by natural drugs [J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2018, 43(10): 2006-2013.
- [11] 詹杰, 魏树和. 镉中毒的干预措施与机理分析[J]. 生态毒理学学报, 2012, 7(04): 354-359. Zhan J, Wei S H. Intervention measures and mechanism analysis of cadmium poisoning [J]. Journal of Ecotoxicology, 2012, 7(04): 354-359.
- [12] 吴海涛, 杨雅, 俞芳, 等. 加味肾气汤防治慢性镉中毒大鼠肾脏损伤的实验研究[J]. 中华中医药学刊, 2007, 12: 2580-2582.
- Wu H T, Yang Y, Yu F, *et al.* Experimental Study of Jiawei Shenqi Decoction on Prevention and Treatment of Renal Injury in Rats with Chronic Cadmium Poisoning [J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2007, 12: 2580-2582.
- [13] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典; 一部[M]. 北京; 中国医药科技出版社, 2015.
- Chinese Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the People's Republic of China; Part I [M]. Beijing; China Pharmaceutical Science and Technology Press, 2015.
- [14] 汪慧, 邹永德, 唐勇, 等. 禽畜肉中重金属铜、铅、镉的稀酸浸提方法[J]. 暨南大学学报(自然科学与医学版), 2014, 35(01): 1-7.
- Wang H, Zou Y D, Tang Y, *et al.* Extraction of Copper, Lead and Cadmium from Livestock Meat by Dilute Acid [J]. Journal of Jinan University (Natural Science and Medicine), 2014, 35(01): 1-7.
- [15] 张曦. 电感耦合等离子体质谱法测定畜禽肉中 10 种微量元素[J]. 肉类研究, 2014, 28(8): 15-18.
- Zhang X. Determination of 10 Trace Elements in Livestock and Poultry Meat by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry [J]. Research on rabbit meat products, 2014, 28(8): 15-18.
- [16] Erdogan Z, Erdogan S, Celik S, *et al.* Effects of ascorbic acid on cadmium-induced oxidative stress and performance of broilers [J]. Biological Trace Element Research, 2005, 104(1): 19-31.
- [17] 吴海涛, 杨雅, 俞芳, 等. 加味肾气汤防治慢性镉中毒大鼠肾脏损伤的实验研究[J]. 中华中医药学刊, 2007, 12: 2580-2582.
- Wu H T, Yang Y, Yu F, *et al.* Experimental Study on the Prevention and Treatment of Renal Injury in Rats with Chronic Cadmium Poisoning by Modified Shenqi Decoction [J]. Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine, 2007, 12: 2580-2582.
- [18] 费东亮, 苏禹刚, 肖银霞, 等. 黄芪多糖(APS)拮抗铅镉联合致鸡脾脏细胞凋亡作用的研究[J]. 中国农学通报, 2012, 28(26): 51.
- Fei D L, Su Y G, Xiao Y X, *et al.* Antagonistic effect of astragalus polysaccharide (APS) on apoptosis of chicken spleen cells induced by lead and cadmium [J]. China Agronomy Bulletin, 2012, 28(26): 51.
- [19] 常晓翠. α -硫辛酸和绿原酸对镉致鸡肝脏损伤的保护作用[D]. 扬州大学, 2020.
- Chang X C. α -Protective effects of lipoic acid and chlorogenic acid on cadmium induced liver injury in chickens [D]. Yangzhou university, 2020.
- [20] Jie L, Wei Q, Kadiiska M B. Role of oxidative stress in cadmium toxicity and carcinogenesis [J]. Toxicol Appl Pharmacol, 2009, 238(3): 209-214.
- [21] Shi L, Cao H, Luo J, *et al.* Effects of molybdenum and cadmium on the oxidative damage and kidney apoptosis in Duck [J]. Ecotoxicol Environ Saf, 2017, 145: 24-31.
- [22] Young J L, Yan X, Xu J, *et al.* Cadmium and high-fat diet disrupt renal, cardiac and hepatic essential metals [J]. Scientific Reports, 2019, (9): 1-11. (镉和高脂肪饮食破坏肾脏、心脏和肝脏必需金属)
- [23] Groneberg D A, Grosse-siestrup C, Fischer I A. In vitro models to study hepatotoxicity [J]. Toxicol Pathol, 2002, 30(3): 394-399.
- [24] 徐光翠, 高启禹, 李延兰, 等. 山药多糖组分分析及其对镉致大鼠肝脏损伤作用的研究 [J]. 毒理学杂志, 2014, 28(4): 309.
- Xu G C, Gao Q Y, Li Y L, *et al.* Study on the component analysis of yam polysaccharide and its effect on cadmium-induced liver injury in rats [J]. Journal of Toxicology, 2014, 28(4): 309.
- [25] 官守涛, 唐微, 赵杰, 等. 山药多糖对镉致小鼠急性肝损伤的预防作用 [J]. 湖北医药学院学报, 2013, 32(2): 115.
- Guan S T, Tang W, Zhao J, *et al.* Preventive effect of yam polysaccharide on cadmium induced acute liver injury in mice [J]. Journal of Hubei Medical College, 2013, 32(2): 115.
- [26] 刘永琦, 颜春鲁, 安方玉, 等. 当归多糖对镉染毒大鼠肝损伤及免疫损伤的影响 [J]. 解放军药理学学报, 2018, 34(2):

101 - 104.

Liu Y Q, Yan C L, An F Y, *et al.* Effects of Angelica polysaccharide on liver injury and immune injury in cadmium exposed rats[J]. *Pharm J Chin PLA*, 2018, 34(2):101 - 104.

[27] 石之虎, 廖晓岗, 邹 聪, 等. 黄芪对镉致大鼠睾丸支持细胞超微结构及波形蛋白、E - 钙粘蛋白表达改变的保护作用[J]. *中国组织化学与细胞化学杂志*, 2012, 21(3):284.

Shi Z H, Liao X G, Zou C, *et al.* Protective effect of astragalus

membranaceous on ultrastructure and expression of vimentin and E - cadherin in sertoli cells of rats induced by cadmium[J]. *Chinese Journal of Histochemistry and Cytochemistry*, 2012, 21(3):284.

(编辑:陈 希)