

黄参茎叶多酚对四氯化碳所致小鼠急性肝损伤的保护作用

康莉娜¹, 马婷婷¹, 赵珮¹, 郑翠萍¹, 权美平¹, 孙翔宇^{1,2}, 田呈瑞¹

(1. 陕西师范大学食品工程与营养科学学院, 陕西西安 710062)

(2. 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083)

摘要: 研究黄参茎叶多酚对 CCl₄ 所致小鼠急性肝损伤的保护作用, 探讨其对 CCl₄ 肝损伤起保护作用的有效剂量。以不同剂量的黄参茎叶多酚 (150、300、600 mg/kg BW d) 给予小鼠灌胃实验进行预防, 连续 21 d 后, 腹腔注射 1% 的 CCl₄ (V/V) 菜籽油 0.3 mL 建立 CCl₄ 诱导小鼠肝损伤模型。测定血清谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)、总胆固醇(TC)、总甘油三酯(TG)、总胆红素(TBIL) 含量, 以及肝组织中超氧化物歧化酶(SOD)、丙二醛(MDA)、过氧化氢酶(CAT)水平, 并进一步观察肝脏组织病理学变化。结果表明: 黄参茎叶多酚对 CCl₄ 所致小鼠肝损伤具有一定的保护作用, 能显著抑制 CCl₄ 所致肝损伤小鼠肝脏指数、脾脏指数、血清 ALT、AST、TBIL 水平以及肝脏 MDA 含量的升高, 能提高肝脏抗氧化酶 SOD 和 CAT 的活性, 其中 300 mg/kg Bw d 剂量水平效果最佳。肝组织病理学检查结果进一步证实了该结果。

关键词: 黄参茎叶; 多酚; CCl₄ 肝损伤; 保护作用

文章编号: 1673-9078(2015)3-18-23

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.3.004

The Hepatoprotective Effect of Polyphenols from *Sphallerocarpus gracilis*

Stem Leaves against CCl₄-induced Acute Hepatic Damage in Mice

KANG Li-na¹, MA Ting-ting¹, ZHAO Pei¹, ZHENG Cui-ping¹, QUAN Mei-ping¹, SUN Xiang-yu^{1,2},
TIAN Cheng-rui¹

(1. College of Food Engineering and Nutritional Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China)

(2. College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: The aim of this study was to investigate the protective effect of polyphenols from *Sphallerocarpus gracilis* stem leaves on carbon tetrachloride (CCl₄)-induced hepatic injuries, and to identify its effective dosage. The mice in the treatment group were administrated with the polyphenols from *Sphallerocarpus gracilis* stem leaves at doses of 150, 300, and 600 mg/kg body weight (BW)/day for 21 consecutive days. The liver injury model was established by intraperitoneal injection of 3 mL 1% CCl₄ rapeseed oil (V/V). The alanine transaminase (ALT), aspartate transaminase (AST), total cholesterol (TC), total triglyceride (TG), total bilirubin (TBIL) contents in serum, and superoxide dismutase (SOD), malondialdehyde (MDA), and catalase (CAT) levels in liver were measured. Meanwhile, a hepatic pathological examination was conducted. The results of this study showed that the polyphenols from *Sphallerocarpus gracilis* stem leaves could, to some extent, protect mice from CCl₄-induced liver injury. In addition, these polyphenols significantly prevent the increase in liver index spleen index, serum ALT, AST, TBIL, and liver MDA levels, caused by CCl₄ in mice. These polyphenols could also markedly increase the activities of liver SOD and CAT. Among the tested doses, 300 mg/kg BW/day showed the best effect. Histopathological examinations further confirmed these results.

Key words: *Sphallerocarpus gracilis* stem leaves; polyphenol; carbon tetrachloride-induced liver damage; protective effect

收稿日期: 2014-06-22

基金项目: 国家自然科学基金 (31301526); 陕西师范大学优秀博士论文资助项目 (X2013YB07)

作者简介: 康莉娜(1990-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品新资源开发利用

通讯作者: 田呈瑞(1955-), 男, 教授, 博士生导师, 研究方向: 食品新资源开发利用

肝脏作为机体有毒物质的代谢器官, 其解毒与中毒过程始终处于一种动态平衡。正常肝脏一旦在短时间内大量摄入某种有害物质, 便会对原有的平衡造成破坏, 使得肝脏局部组织细胞病变、坏死, 丧失原有生物学功能, 如解毒功能、代谢功能、分泌胆汁、免疫防御功能等, 进而导致机体病变^[1-3]。目前预防、治疗此类急性肝损伤的药物已有很多, 但临床上潜在的

毒副作用也日渐突出,因此从天然产物中获取安全的活性成分并应用于此类疾病的预防和治疗便成为科技工作者们关注的焦点。植物多酚则是一类来源丰富的生物活性物质,多酚的独特结构赋予了它一系列独特的化学性质,使其具有抗肿瘤、抗氧化、抗动脉硬化和抗电子辐射的作用。此外,还具有抑制微生物、影响酶的活性、抑制细胞毒素、保护四氯化碳肝损伤等多种生理功能^[4-6]。通过大量的体内及体外动物实验,众多流行病学资料表明:摄入一定量的植物多酚对疾病有预防及抑制作用^[7]。

黄参(*Sphallerocarpus gracilis*),系伞形科,芹亚科,针果芹族,迷果芹属单种植物迷果芹,俗称小叶山红萝卜、黄蕲,一年生或多年生草本,根块状或圆锥形,通体金黄色,可食,是一种极具开发前景的药食两用植物,整个植株均可入药或食用,是一种传统的藏药,用于治疗风湿性关节炎^[8]。根据《本草纲目》和《晶珠本草》记载,黄参有补气养血、滋阴壮阳、通经活络、舒肝健胃的功效,并且对黄水病,腰肾寒症有很好的疗效,被誉为“小人参”。黄参在我国分布广泛、资源丰富,然而,目前有关黄参的研究、开发较少,仅有的文献报道也只局限于黄参根部、籽中的化学成分及生物活性研究^[9-11]。据我们所知,有关黄参茎叶的护肝作用还未见文献报道。本研究前期的研究表明黄参茎叶多酚具有较强的抗氧化能力,考虑到肝损伤与体内抗氧化活性紧密相关,本文旨在通过研究黄参茎叶多酚对诱导小鼠急性肝损伤的影响,探讨其对此类损伤潜在的预防保护作用,以期为临床应用提供实验数据,并为黄参茎叶的进一步开发利用提供科学依据。

1 材料与仪器

黄参茎叶:于2013年7月采自甘肃山丹军马场,采第二年茎叶。

四氯化碳、冰醋酸、联苯双酯滴丸、氯化钠均由西安森博试剂有限公司提供(分析纯);金龙鱼菜籽油:华润万家超市购买;考马斯亮兰、甘油三脂(TG)、总胆固醇(TC)、丙二醛(MDA)、超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(Catalase CAT)、还原型谷胱甘肽(GSH)、谷丙转氨酶(ALT)、谷草转氨酶(AST)、碱性磷酸酶(AKP)和总胆红素(TBIL)等试剂盒购自南京建成生物工程研究所。

BS200S-WEI 电子分析天平,北京赛多利斯;冷冻干燥机,上海福玛;LXJ-II B型高速离心机,上海安亭;恒温水浴锅;RE-52 旋转式蒸发器,上海安亭;722 型可见分光光度计,上海光谱;Multiskan Go 全

波长酶标仪,美国热电;FW100 型高速万能植物粉碎机;VX-2500 涡旋振荡器,北京德天科技;A113025 光学显微镜,上海艾测电子;LS-100 石蜡包埋机,沈阳市龙首电子;HY325B 石蜡切片机,北京东方德教育科技;其它均为实验室常用设备与仪器。

2 试验方法

2.1 样品制备工艺流程

黄参茎叶→去除杂物→洗净→晒至半干→烘箱内 40℃ 烘干→植物粉碎机粉碎→过 60 目筛→70%乙醇 70℃ 超声提取 30 min→滤液真空旋转蒸发浓缩→真空冷冻干燥→黄参茎叶多酚

2.2 样品总酚含量的测定

采用 Folin-Ciocalteu 法测定^[12]。取 0.2 mL 提取液于 10 mL 容量瓶中,加入 1.0 mL 的福林酚试剂,再加入 7.5% 的碳酸钠 2 mL,用蒸馏水定容至 10 mL 摇匀,暗室放置 60 min 后在 765 nm 波长条件下测定吸光度(A),以没食子酸标准溶液质量浓度($\mu\text{g/mL}$)为横坐标 x 吸光度(A)为纵坐标绘制标准曲线,标准曲线方程为: $A = 0.1159x + 0.0045$,相关系数 $R^2 = 0.999$ 。将吸光值带入标准曲线方程,求得试样中总多酚的浓度。

2.3 动物与分组

昆明小鼠:雄性 60 只清洁级,体重(20±2)g,购自西安交通大学医学院[实验动物使用许可证号:SCXK(陕 2012-003)],动物喂养 1 周适应环境后随机分成正常对照组(正常组)、CCl₄ 模型组(模型组)、黄参茎叶多酚低剂量组(150 mg/kg BW d)、中剂量组(300 mg/kg BW d)、高剂量组(600 mg/kg BW d)、阳性对照组(300 mg/kg BW d 的联苯双酯)共 6 组,每组 10 只。

2.4 动物饲养及模型建立

饲养条件:屏障系统动物房,各组小鼠分笼饲养,保持室温 18~22℃,相对湿度 40~60%,自然光照。以全价营养饲料喂养,自由进食、饮水。

实验期间正常组和模型组给予 0.9% 的生理盐水,低、中、高三个剂量组分别给予黄参茎叶多酚 150 mg/kg BW d、300 mg/kg BW d、600 mg/kg BW d,阳性对照组给予 300 mg/kg BW d 的联苯双酯,每日灌胃 0.5 mL,连续 21 d。各组小鼠自由摄食、饮水。每周称重一次,以调整灌胃体积。

急性肝损伤模型的建立^[13]:于末次给药后 2 h 后,除正常组一次灌胃给予 0.3 mL 菜籽油,其它各组小鼠

按照 0.3 mL 剂量一次腹腔注射 1% (V/V) CCl_4 菜籽油溶液, 禁食, 自由饮水。禁食 12 h 后, 将小鼠称重后, 眼眶取血, 以 2000 rpm 常温离心 15 min 分离出血清备用。脱臼处死小鼠后, 立即解剖并取出肝脏、脾脏, 用 0.9% 氯化钠溶液冲尽器官中残血, 滤纸滤干、称重并计算肝脏、脾脏指数。其中:

肝脏指数 = 肝脏质量(mg)/小鼠体重(g);

脾脏指数 = 脾脏质量(mg)/小鼠体重(g)。

2.5 血清指标的测定

血清谷丙转氨酶(ALT) (改良赖氏法)、谷草转氨酶(AST) (改良赖氏法), 总胆固醇(TC) (TCH 酶法), 总甘油三酯(TG) (TG 酶法) 和总胆红素(TBIL) (咖啡因比色法) 活性按照试剂盒说明书进行测定。

2.6 肝脏指标的测定

将小鼠肝脏加 10 倍生理盐水充分研磨制成 10% (m/V) 的肝匀浆, 以 3000 r/min 离心 20 min, 取上清液, 按照试剂盒说明书测定超氧化物歧化酶(SOD) (羟胺法)、过氧化氢酶(CAT) (可见光法)、丙二醛(MDA) (TBA 法) 含量。

2.7 肝脏病理组织学观察

将各组小鼠的新鲜肝脏切成小方块, 用 10% 福尔马林固定, 经脱水→透明→石蜡包埋→切片→脱蜡→常规 HE 染色后, 在光镜下观察肝脏细胞的病理形态学变化。

2.8 统计分析

试验数据采用平均值±标准差(±SD)来表示, 数据处理、显著性检验和相关性分析均采用 EXCEL2007、DPS(7.05)等软件进行数据处理及分析。

3 结果与分析

3.1 黄参茎叶多酚提取物中总酚含量

经 Folin-Ciocalteu 法测定, 黄参茎叶多酚粗提取物中总多酚含量为 8.15%。

3.2 肝脏指数和脾脏指数的检测

由表 1 可知: 模型组与正常组比较, CCl_4 所致急性肝损伤能明显升高小鼠的肝脏指数 ($p < 0.01$) 和脾脏指数 ($p < 0.05$), 表明 CCl_4 可致小鼠肝脾肿大; 与模型组比较, 黄参茎叶多酚高、中、低剂量组及阳性对照联苯双酯药物组均有降低肝脏指数 ($p < 0.05$) 和脾

脏指数 ($p > 0.05$) 的作用, 但是对脾脏指数的降低作用不明显 ($p > 0.05$), 其中中、高剂量组 ($p < 0.01$) 和联苯双酯药物组 ($p < 0.01$) 降低小鼠肝脏指数作用显著, 表明黄参茎叶多酚能抑制 CCl_4 所致小鼠的肝脏、脾脏肿大。

表 1 各组小鼠肝脏指数和脾脏指数 ($\bar{x} \pm \text{sd}$)

Table 1 Liver and spleen indices in mice of different groups (mean

± standard deviation)

组别	肝脏指数	脾脏指数
正常组	43.38±0.29 ^d	3.30±0.27 ^b
模型组	53.59±0.73 ^a	4.18±0.65 ^a
阳性组	47.82±0.24 ^{bc}	3.63±0.41 ^{ab}
低剂量组	49.68±2.60 ^b	3.97±0.18 ^{ab}
中剂量组	47.22±0.13 ^c	3.81±0.19 ^{ab}
高剂量组	45.93±0.67 ^c	3.72±0.22 ^{ab}

注: 不同字母表示不同组间 (列间) 的显著性差异 ($p < 0.05$)。

3.3 黄参茎叶多酚对 CCl_4 所致肝损伤小鼠血清 AST、ALT、TC、TG 和 TBIL 的影响

AST、ALT 作为肝细胞内酶, 在氨基酸的合成与分解代谢中起着非常重要的作用, 是诊断肝细胞受损程度最敏感的指标。ALT 分布在肝细胞浆内, 而 AST 分布在肝细胞浆内和线粒体内。在正常情况下, 只有极少量的 AST、ALT 释放入血液中, 故血清中这两种酶的活性很低。当肝组织受到损伤, 细胞膜通透性增加时, 这两种酶大量渗入血液中, 血清中酶的活性显著增高, 并且血清 AST、ALT 升高幅度反映出肝细胞的受损程度。黄参茎叶多酚对 CCl_4 所致肝损伤小鼠血清 AST、ALT 活力的影响见图 1a 和图 1b。由图可知: 与正常组相比, 模型组的 AST 和 ALT 水平明显升高 ($p < 0.01$), 说明造模成功; 阳性组和给予黄参茎叶多酚低、中剂量组的小鼠血清 AST 和 ALT 水平显著低于模型组 ($p < 0.01$), 说明黄参茎叶多酚能对抗四氯化碳肝损伤小鼠的 AST 和 ALT 的升高, 即其能对抗 CCl_4 引起的细胞膜脂质过氧化, 保护肝细胞和亚细胞不受损伤。且中剂量组的小鼠血清 AST 和 ALT 水平和阳性对照组没有显著性差异 ($p > 0.05$), 但高剂量组的 AST 和 ALT 水平反而比低、中剂量组高且接近模型组, 说明黄参茎叶多酚中剂量组对小鼠四氯化碳肝损伤有更强的防御或修护能力。对于高剂量组小鼠其转氨酶接近模型组我们的初步推测是: 摄入机体的物质大多经肝脏代谢进入代谢途径, 摄入大量的黄参茎叶多酚可能给肝脏带来过重的负担而造成不良影响。

CCl₄ 进入动物体内,产生的自由基攻击肝微粒体脂质和肝细胞膜磷脂分子,会引起肝脏内 TC、TG、TBIL 含量的变化。黄参茎叶多酚对 CCl₄ 所致肝损伤小鼠血清 TC、TG 和 TBIL 含量的影响见图 1c、图 1d 和图 1e。与正常组相比,模型组 TC、TG 含量显著增加 (p<0.05),表明小鼠急性肝损伤会导致肝脏内部 TC 和 TG 的蓄积;与模型组相比,黄参茎叶多酚高、中、低剂量组都能降低 TC、TG 的含量,但是效果不明显 (p>0.05)。表明黄参茎叶多酚对肝损伤小鼠肝脏内 TG 和 TC 的蓄积有一定的抑制作用,但效果低于阳性组。总胆红素 (TBIL) 主要用来诊断是否有肝脏疾病或胆道是否发生异常,当肝脏发生病变时,血清中的 TBIL 就会明显升高,由图 1e 可知,模型组和正常组相比,血清 TBIL 显著升高 (p<0.01),且阳性组和低、中、高三个剂量组都能明显的降低血清中 TBIL 的含量 (p<0.05)。此外,还可看出,低、中、高三个剂量组对降低血清中 TBIL 没有显著性差异 (p>0.05),但中剂量组的效果最佳,和阳性组没有显著性差异。

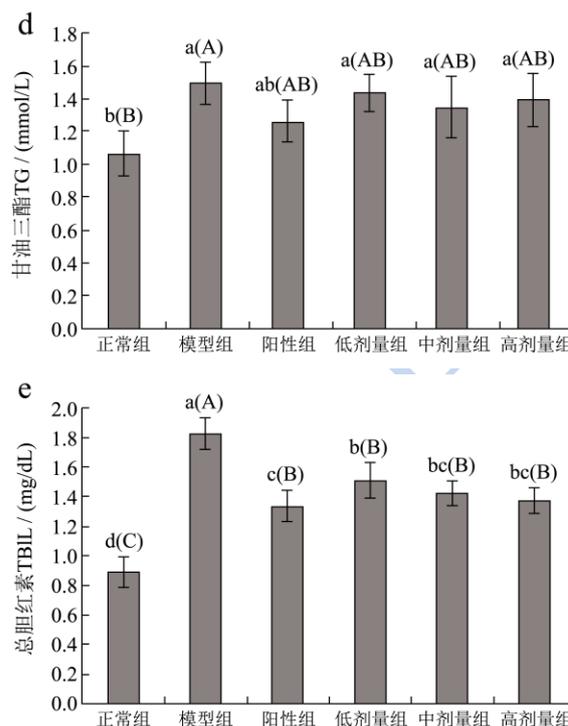
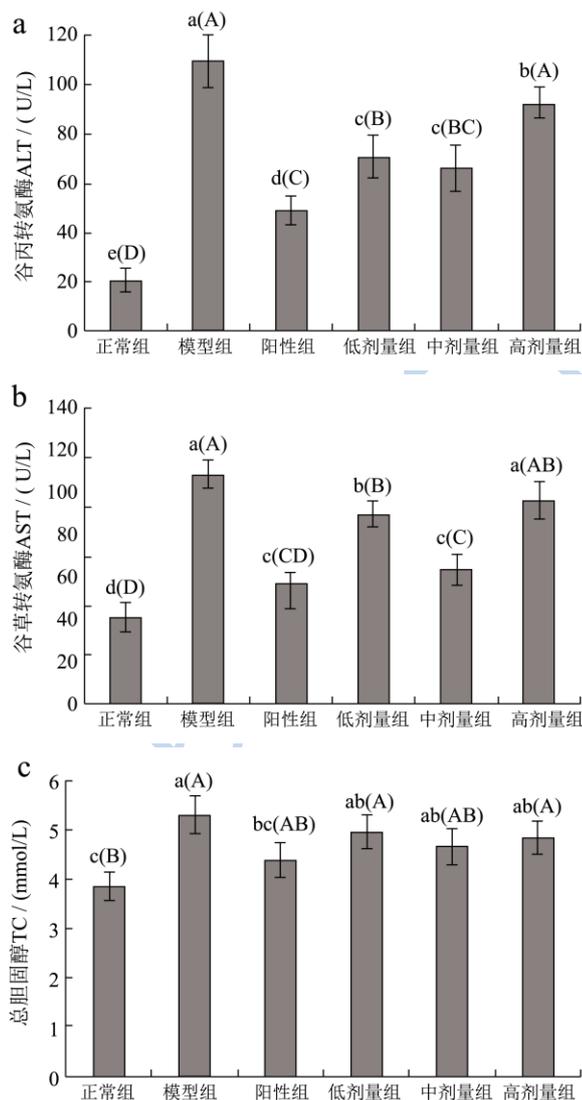


图 1 黄参茎叶多酚对 CCl₄ 急性肝损伤小鼠血清中 ALT (a), AST (b), TC (c), TG (d) 和 TBIL (e) 的影响。

Fig.1 The effects of polyphenols from *Sphallerocarpus gracilis* stem leaves on the (a) serum ALT, (b) AST, (c) TC, (d) TG, and (e) TBIL levels in mice suffering from CCl₄-induced acute hepatic injury

注: 小写字母, p<0.05, 大写字母, p<0.01。

3.4 黄参茎叶多酚对 CCl₄ 所致肝损伤小鼠肝脏 SOD、MDA、CAT 的影响

体内的抗氧化酶 SOD、CAT 和 GPX 组成了一个相互支持的抗氧化防御系统,能够消除生物体在新陈代谢过程中产生的有害物质。SOD 在生物体内的水平高低意味着衰老与死亡的直观指标,它可对抗与阻断因氧自由基对细胞造成的损害,并及时修复受损细胞,复原因自由基造成的对细胞伤害。而 CAT/GPX 将过氧化氢转变成水,阻止了毒性更大的羟基自由基的产生^[14]。MDA 作为脂质过氧化的终产物,其含量可反应机体内脂质过氧化的程度。由图 2 可知,CCl₄ 损伤肝组织后,促进肝细胞内酶的释放,导致模型组小鼠肝脏的 SOD 和 CAT 与正常组相比,均显著降低 (p<0.01),而 MDA 含量显著升高 (p<0.01);而阳性组和各剂量组与模型组比较,SOD 和 CAT 均有所升高,而 MDA 含量显著降低,差异性显著 (p<0.05)。此外,由图 2 还可以看出:中、高剂量组的预防治疗效果和阳性对照组并无显著性差异 (p>0.05),说明黄参茎叶多酚能有效阻止 CCl₄ 所致肝细胞发生的脂质

过氧化反应从而提高肝损伤小鼠的抗氧化能力。

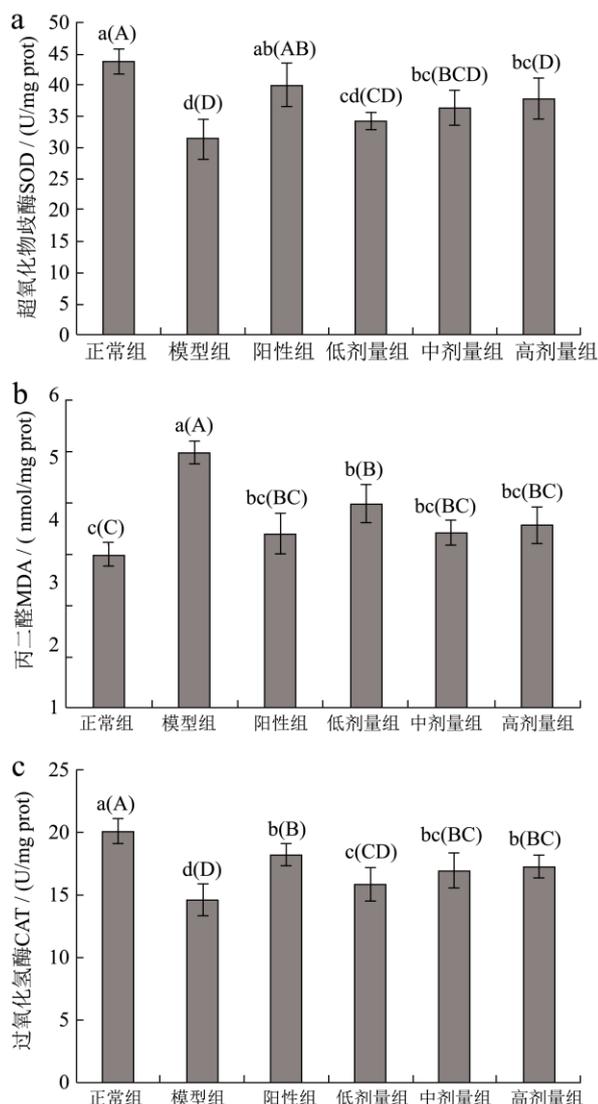


图2 黄参茎叶多酚对 CCl₄急性肝损伤小鼠肝脏中 SOD (a), MDA (b)和 CAT (c)的影响

Fig.2 The effects of polyphenols from *Sphallerocarpus gracilis* stem leaves on the hepatic (a) SOD, (b) MDA, and (c) CAT levels in mice suffering from CCl₄-induced acute hepatic injury

注: 小写字母, p<0.05, 大写字母, p<0.01。

3.5 黄参茎叶多酚对 CCl₄所致肝损伤小鼠肝脏组织形态学的影响

从图1、图2中可看到: 阳性组和黄参茎叶多酚低、中、高剂量组与模型组相比均具有一定预防治疗肝损伤的效果, 且对于大部分指标, 中、高剂量组较模型组损伤相比有显著性改善。为了进一步研究黄参茎叶多酚对 CCl₄所致肝损伤小鼠肝脏组织形态学的影响, 对小鼠肝组织切片进行镜检, 结果如图3所示。

正常组可观察到肝细胞排列整齐, 结构完整, 胞质丰富, 肝细胞核清晰, 大而圆, 无肿胀, 无明显水肿、脂肪变性, 肝小叶内及汇管区无炎细胞浸润, 未见肝细胞坏死、变性和异常 (见图3A); 模型组可观察到肝细胞排列紊乱, 肝细胞大片坏死, 坏死处, 肝细胞弥漫性水肿, 肝小叶内出现大量坏死灶, 炎细胞浸润严重, 且细胞核大小不一, 有浓缩及破碎的核 (见图3B), 组织形态学的变化进一步说明造模成功; 黄参茎叶多酚低剂量组肝细胞坏死数较多, 存在大小不一的灶状坏死, 比模型组有所改善; 阳性组和中剂量组小鼠肝细胞排列相对整齐, 胞质均匀清晰, 只有部分细胞点状坏死, 肝细胞形态比较接近正常组, 这与血清指标和肝脏指标的测定结果一致; 高剂量组细胞排列也较为整齐, 胞质清晰, 但是有少量炎细胞浸润。肝组织病理切片结果进一步表明黄参茎叶多酚具有保护 CCl₄诱导肝损伤的作用。

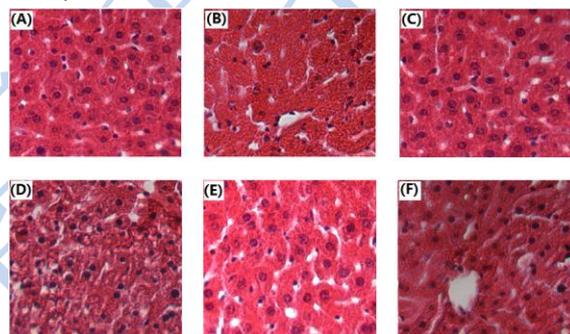


图3 小鼠肝组织病理学形态观察 (HE × 400)

Fig.3 Pathological observations of mouse hepatic samples (HE × 400)

注: (A)正常组, (B)模型组, (C)阳性组, (D)低剂量组, (E)中剂量组 (F)高剂量组。

4 结论

本文首次研究了黄参茎叶多酚对 CCl₄肝损伤小鼠的保护作用, 试验结果表明: 无论从血清、肝脏的生化指标还是病理学观察结果来看, 适量的黄参茎叶多酚 (本实验中为中剂量 300 mg/kg BW d) 对 CCl₄引起的肝损伤具有明显的抑制和减缓作用。其作用机理可能是因为黄参茎叶多酚具有抑制脂质过氧化作用, 能直接捕捉或者清除自由基, 减轻自由基对肝细胞脂膜及线粒体膜的损害, 从而稳定细胞膜的结构, 起到保护肝脏的作用, 其具体的作用机制还有待于进一步的研究。总之, 黄参茎叶多酚具有一定的护肝保健作用, 可开发为相应的护肝保健品。本文为预防肝损伤药物或保健食品功能因子的开发提供了一定依据, 同时也为黄参的综合开发利用提供了相应的基础

数据。

参考文献

- [1] Chen J, Sun H N, Sun A D, et al. Studies of the protective effect and antioxidant mechanism of blueberry anthocyanins in a CCl₄-induced liver injury model in mice [J]. Food and Agricultural Immunology, 2012, 23: 352-362
- [2] Erhardt A, Biburger M, Papadopoulos T. IL-10, regulatory T cells, and Kiipffer cells mediate tolerance in concanavalin A-induced liver injury in mice [J]. Hepatology, 2007, 45: 475-485
- [3] Astadi I, Astuti M, Santoso U, et al. In vitro antioxidant activity of anthocyanins of black soybean seed coat in human low density lipoprotein (LDL) [J]. Food Chemistry, 2009, 112: 659-663
- [4] Silici S, Sagdic O, Ekici L. Total phenolic content, antiradical, antioxidant and antimicrobial activities of Rhododendron honeys [J]. Food Chemistry, 2010, 121: 238-243
- [5] Middleton E, Kandaswami C, Theoharides T. The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer [J]. Pharmacological Reviews, 2000, 52: 673-751
- [6] Tung Y, Wu J, Huang C. Protective effect of Acacia confusa bark extract and its active compound gallic acid against carbon tetrachloride-induced chronic liver injury in rats [J]. Food and Chemical Toxicology, 2009, 47: 1385-1392
- [7] Tapiero H, Tew KD. Polyphenols: do they play a role in the prevention of human pathologies [J]. Biomed Pharmacother, 2002, 56: 200-207
- [8] 中国科学院西北高原生物研究所.青海经济植物志[M]. 西宁:青海人民出版社,1987:417-418
- Northwest Institute of Plateau Biology of Chinese Academy of Sciences. Qinghai economic flora [M]. Xining, Qinghai people's publishing house, 1987: 417-418
- [9] Gao C Y, Lu Y H, Tian C R, et al. Main nutrients, phenolics, antioxidant activity, DNA damage protective effect and microstructure of Sphallerocarpus gracilis root at different harvest time [J]. Food Chemistry, 2011, 127: 615-622
- [10] Gao C Y, Tian C R, Lu Y H, et al. Essential oil composition and antimicrobial activity of Sphallerocarpus gracilis seeds against selected food-related bacteria[J]. Food Control, 2011, 22(3-4): 508-516.
- [11] Shi R M, Pe D, Liu J X, et al. Chemical constituents from Sphallerocarpus gracilis[J]. Biochem. Syst. Ecol., 2012, 127: 1-3
- [12] 李武,李艳君,杨瑞丽.热带水果多酚提取物的抗氧化和抗增殖活性研究[J].现代食品科技,2013,29(10): 2383-2387
- LI Wu, LI Yan-jun, YANG Rui-li. Antioxidant and antiproliferative activities of polyphenol extract from 12 tropical fruits [J]. Modern Food Science and Technology, 2013, 29(10): 2383-2387
- [13] Zhang R J, Zhao Y, Sun Y F, et al. Isolation, characterization, and hepatoprotective effects of the raffinose family oligosaccharides from rehmannia glutinosa libosch [J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 2013, 61: 7786-7793
- [14] Halliwell B, Gutteridge J, Cross C. Free radicals, antioxidants and human disease: where are we now? [J]. Journal of Laboratory and Clinical Medicine, 1992, 119: 598-620