

山楂、荷叶、普洱茶膳食干预对肥胖大鼠脂质代谢的影响

王超¹, 李舜^{1*}, 阮祥春², 张美诗², 吕涵¹

(1. 安徽省医学科学研究所, 合肥 230061; 2. 安徽农业大学动物科技学院, 合肥 230036)

摘要: **目的** 研究山楂、荷叶、普洱茶对高脂饮食诱导的肥胖大鼠脂质代谢的影响。**方法** 利用斯普拉-道来氏(Sprague-Dawley, SD)雄性大鼠制作高脂饮食诱导的肥胖模型, 通过检测体重、血脂水平、肝脏系数、体脂比等生理生化指标, 观察肝脏、肾周脂肪组织病理变化, 分析山楂、荷叶、普洱茶膳食干预对脂质代谢的影响。**结果** 山楂、荷叶、普洱茶及复合组均能抑制大鼠体重的增长, 调节血脂水平, 同时降低肝脏指数和体脂比, 其中复合组的效果最佳; 山楂、荷叶、普洱茶单用对肥胖大鼠受损的肝脏组织、脂肪细胞改善效果欠佳, 三者联用可明显减少肝脏炎症浸润和脂肪堆积的病变情况, 有效抑制脂肪细胞数量的增多和面积的增大。**结论** 山楂、荷叶、普洱茶联用可有效调节肥胖大鼠脂质代谢。

关键词: 脂质代谢; 普洱茶; 山楂; 荷叶; 膳食干预

Effects of dietary intervention of hawthorn, lotus leaf and Pu-erh tea on lipid metabolism in obese rat

WANG Chao¹, LI Shun^{1*}, RUAN Xiang-Chun², ZHANG Mei-Shi², LV Han¹

(1. Anhui Academy of Medical Sciences, Hefei 230061, China; 2. College of Animal Sciences and Technology, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

ABSTRACT: Objective To study the effects of hawthorn, lotus leaf and Pu-erh tea on lipid metabolism in high-fat diet induced obesity rat. **Methods** Male Sprague-Dawley (SD) rats were used to make obesity model induced by high-fat diet. Body weight, blood lipid level, liver coefficient, body fat ratio and other physiological and biochemical indicators were detected, and the pathological changes of liver and perirenal adipose tissue were observed, and further analyzed the effects of dietary intervention of hawthorn, lotus leaf and Pu-erh tea on lipid metabolism. **Results** Hawthorn, lotus leaf, Pu-erh tea and its compound group could inhibit the weight growth of rats, regulate blood lipid level, and reduce liver index and body fat ratio, and compound group had the best effects. Hawthorn, lotus leaf, Pu-erh tea alone had poor effect on the improvement of damaged liver tissue and adipocytes in obese rats. The combination of the three could significantly reduce the inflammatory infiltration and fat accumulation of liver lesions, and effectively inhibit the increase of the number and area of adipocytes. **Conclusion** The combination of hawthorn, lotus leaf and Pu-erh tea can effectively regulate lipid metabolism in obese rats.

基金项目: 茶树生物学与资源利用国家重点实验室开放基金项目(SKLTOF20200111)、安徽省卫生健康委科研项目(AHWJ2021b066)

Fund: Supported by the Open Fund of State Key Laboratory of Tea Plant Biology and Utilization (SKLTOF20200111), and the Scientific Research Program of Health Commission of Anhui Province (AHWJ2021b066)

***通信作者:** 李舜, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为保健食品。E-mail: 11234115@qq.com

***Corresponding author:** LI Shun, Master, Associate Professor, Anhui Academy of Medical Sciences, No.15, Yonghong Road, Luyang District, Hefei 230061, China. E-mail: 11234115@qq.com

KEY WORDS: lipid metabolism; Pu-erh tea; hawthorn; lotus leaf; dietary intervention

0 引 言

高脂血症(hyperlipidaemia, HLP)的形成与高脂饮食习惯密切相关, 作为临床上常见的代谢性疾病, 表现为血浆总胆固醇(total cholesterol, TC)、三酰甘油(triglyceride, TG)、低密度脂蛋白-胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)其中一项或多项升高和(或)高密度脂蛋白-胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)降低, 是心脑血管病发病的独立危险因素, 目前心血管病仍是我国居民首位死亡原因^[1]。国内外常用的降脂药多集中于为他汀类、贝特类、胆酸螯合剂、胆固醇吸收抑制剂、烟酸类等^[2], 但据调查发现, 长期服用以上降脂药会增加横纹肌溶解、急性肾坏死、肝脏衰竭等风险^[3]。随着人们保健意识的增强, 功能性食品或饮品越来越受到人们的欢迎, 功能性食品或饮品切合药食同源作用原理, 为高脂血症的预防提供了新的思路和途径。

普洱茶, 是以云南特产的大叶种茶为原料经加工而成的茶叶, 广义上包括普洱生茶、普洱陈茶和普洱熟茶^[4]。大量研究表明, 普洱茶干预高脂饮食大、小鼠可显著降低其体重^[5]、降低血清中的 TC、TG 和 HDL-C 水平^[6]、调节脂质代谢^[7]、改善葡萄糖耐受力^[8]、抑制肿瘤坏死因子、单核细胞趋化蛋白-1、白细胞介素-6 (interleukin-6, IL-6)、脂多糖结合蛋白水平^[9-10]、减少内脏的脂肪浸润及堆积^[11]。其中调脂功效是当前研究的热点^[12], 目前研究多集中于几个关键脂质代谢酶和相关基因, 以及对肠道微生物菌群调节等方面, 但其作用机制尚不够明确^[13]。

山楂, 属药食同源的蔷薇科植物山里红(*Crataegus pinnatifida* Bge. var. Major N.E.Br.) 或山楂 (*Crataegus pinnatifida* Bge.) 的果实, 味酸、甘, 性微温, 归脾、胃、肝经, 主要药用成分为黄酮和三萜^[14], 具有健脾消食、行气散瘀、抗动脉粥样硬化^[15-17]等作用。大量研究表明, 山楂干预高脂饮食诱导大、小鼠可以显著降低其血清中的 TG、TC 和 HDL-C 水平^[18-19]、调节脂质代谢^[20-21]、降低丙二醛(malondialdehyde, MDA)水平、提高超氧化物歧化酶(superoxide dismutase, SOD)活性^[22]和降低肿瘤坏死因子- α 、IL-6 水平^[23]。

荷叶, 属药食同源的睡莲科植物莲藕(*Nelumbo nucifera* Gaertn.) 的干燥叶, 味苦、涩, 性平, 归肝、脾、胃经, 有润肠通便、清热解毒、抗衰老等功效^[24-25]。研究表明, 荷叶干预可以显著降低肥胖大鼠内脏脂肪量^[26]; 荷叶碱可预防肥胖大鼠体重增加、减少脂肪堆积^[27]。荷叶黄酮能显著降低四氯化碳肝损伤小鼠的肝脏指数和血清天门冬氨酸转氨酶、丙氨酸转氨酶、TG、TC 水平^[28]; 荷叶水提

物能降低 C57BL/6 肥胖小鼠 TG、TC、LDL-C 以及致动脉粥样硬化指数, 改善肝脏脂肪变性^[29]; 抑制 MDA 水平, 提高 SOD 活性^[30]。

普洱茶与山楂、荷叶同属药食同源类食品(medicine food homology, MFH), 既具有特定的药物功效, 同时也可用于日常饮食, 使用的安全性、规范性和方便性更高。单一使用普洱茶、山楂、荷叶均有一定的降脂效果, 且具有作用温和、多靶点、不良反应少等优点。目前针对普洱茶、山楂、荷叶中单一原料降脂减肥作用研究较多, 且多采用定时定量灌服相关提取物的方法, 但采用三者复配并研磨成粉与高脂饲料制粒进行膳食干预的方式^[31], 探究其降脂效果报道较少。本研究通过在高脂饲料中添加山楂、荷叶、普洱茶, 模拟长期膳食干预, 改善高脂膳食结构, 考察其对高脂饮食诱导的肥胖模型降脂、减肥效果以及三者联合应用是否具有协同增效作用, 阐明山楂、荷叶、普洱茶三者联用对脂质代谢的调节作用, 为功能性食品的产业化应用提供科学数据和理论基础。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

荷叶中药饮片、山楂中药饮片(北京同仁堂安徽连锁药店有限责任公司); 普洱茶(祥源·普洱生茶·藏峰 2020 年, 祥源茶业股份有限公司); 所有实验动物饲料[苏饲证(2018)10030, 江苏美迪森生物医药有限公司]。

生化试剂盒(货号 BC0175, 北京索莱宝生物科技有限公司); 4%多聚甲醛通用型组织固定液(兰杰柯科技有限公司); 无水乙醚(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司)。

1.2 仪器与设备

BA200 麦克奥迪显微镜(麦克奥迪实业集团有限公司); BS-220 全自动生化分析仪(深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司); HC-2518R 高速冷冻离心机(安徽中科中佳科学仪器有限公司)。

1.3 实验方法

1.3.1 实验动物及处理

实验动物采用 3 周龄无特定病原体(specific pathogen free, SPF)级雄性斯普拉-道来氏(Sprague-Dawley, SD)大鼠, 体质量 160~170 g, 饲养于安徽农业大学动物实验中心, 室温(25±2)°C, 湿度 40%~60%。适应性喂养 4 周, 自由饮食, 随机分为 6 组, 每组 10 只, 分别为对照组(normal diet, ND)、模型组(high fat diet, HFD)、山楂组(high fat diet+hawthorn, HFD+HA)、荷叶组(high fat diet+lotus leaf, HFD+LL)、普洱组(high fat diet+Pu-erh tea, HFD+PE)和复

合组(high fat diet+compound tea, HFD+ COM)。根据参考相关文献^[32-33]的添加配比, 配制含不同成分的日粮, 分别为: 普通饲料、高脂饲料(鼠维持饲料 54%、蔗糖 10%、全脂奶粉 6%、大豆分离蛋白 10%、猪油 20%)、含 2.5%山楂果粉的高脂饲料、含 1.0%荷叶粉的高脂饲料、含 2.5%生普洱茶粉的高脂饲料和含 2.5%山楂果粉、1.0%荷叶粉和 2.5%生普洱茶粉的复合高脂饲料。实验期间观察大鼠的精神、食欲、毛色和粪便等情况, 每周定时记录体重, 计算肥胖度(obesity)。

肥胖度/%=(模型组重量-对照组重量)/对照组重量×100%。

1.3.2 血脂水平

实验前对大鼠禁食不禁水 12 h, 用无水乙醚麻醉大鼠后, 通过毛细管采集大鼠眼眶静脉的非抗凝血, 收集在 2 mL 的 EP 管中并取上层血清进行分装, 储存备用。采用全自动生化分析仪检测血清中 TC、TG、LDL-C、HDL-C 指标水平。统计数据, 并按公式(1)、(2)计算各组致动脉粥样硬化指数(atherosclerosis index, AI)和心脏危险因素(cardiac risk factor, CRF)值。

$$AI=(TC-HDL-C)/HDL-C \quad (1)$$

$$CRF=TC/HDL-C \quad (2)$$

1.3.3 肝脏系数和体脂比

第 13 周处死动物后立即取出肝脏、附睾脂肪和肾周脂肪, 用生理盐水清洗血渍并用滤纸吸干水分后称重。并按公式(3)、(4)计算各组的肝脏指数(liver coefficient, LC)和体脂比(body fat ratio, BFR)。

$$LC\%=\text{肝脏重量}/\text{体重}\times 100\% \quad (3)$$

$$BFR\%=(\text{肾周脂肪}+\text{肾周脂肪})/\text{体重}\times 100\% \quad (4)$$

1.3.4 肝脏组织病理学检查

第 13 周取肝脏, 4%多聚甲醛组织固定, 梯度脱水后石蜡包埋, 进行苏木精-伊红(hematoxylin eosin, HE)染色, 取制成的组织切片在显微镜下进行形态学观察。

1.3.5 脂肪组织病理学检查

取各组大鼠的肾周脂肪, 参照 1.3.4 方法进行组织病理学检查。

1.3.6 数据处理

通过 SPSS 26.0 软件对各项实验数据进行统计分析, 数据以平均值±标准偏差表示, 其中 a 表示与对照组有显著性差异, $P<0.05$, b 表示与对照组有极显著性差异, $P<0.01$; c 表示与模型组有显著性差异, $P<0.05$, d 表示与模型组有极显著性差异, $P<0.01$ 。

2 结果与分析

2.1 复合茶对大鼠体重增长的影响

同属 MFH 的山楂和荷叶以及传统饮品普洱茶都具有减重的作用。研究表明, 普洱茶可以有效减轻肥胖大鼠的

体重^[32]; 由山楂、荷叶组成的调脂汤不同剂量治疗肥胖大鼠, 发现该调脂汤的减重效果呈剂量依赖性^[30]。

目前, 高脂饮食诱导大鼠肥胖模型尚未有统一的标准, 但大量相关研究均以模型组大鼠的肥胖度大于 20%(模型组大鼠的平均体重较正常对照组高 20%)作为评价标准^[34-35]。本研究在第 13 周发现, 模型组的大鼠肥胖度大于 20%, 提示高脂饮食诱导的肥胖模型建立成功。4 个干预组的体质量均显著低于模型组($P<0.01$), 从大到小依次为: 普洱组>荷叶组>山楂组>复合组。结果表明, 山楂、荷叶、普洱茶及其复合组对高脂饮食诱导的肥胖大鼠均有一定的减重作用, 其中复合组的减重效果最佳(表 1)。

表 1 复合茶对高脂饮食大鼠的体质量的影响($n=10$)
Table 1 Effects of compound tea on body weight of high-fat diet rats induced ($n=10$)

组别	体质量/g
ND	475.70±15.50 ^d
HFD	573.50±14.50 ^b
HFD+HA	520.00±44.30 ^{ad}
HFD+LL	525.90±24.00 ^{bd}
HFD+PE	526.50±20.30 ^{bd}
HFD+COM	508.40±40.60 ^d

注: a 表示与对照组有显著性差异, $P<0.05$, b 表示与对照组有极显著性差异, $P<0.01$; c 表示与模型组有显著性差异, $P<0.05$, d 表示与模型组有极显著性差异, $P<0.01$, 下同。

2.2 复合茶对高脂饮食大鼠血脂水平的影响

临床上通常检测血清中 TC、TG、HDL-C、LDL-C 的水平来判断患者是否有 HLP^[36]。与对照组的 HDL-C 值相比, 模型组、普洱组极显著降低($P<0.01$), 荷叶组显著降低($P<0.05$)。与对照组的 LDL-C 值相比, 模型组、山楂组、荷叶组和普洱组均极显著升高($P<0.01$)。与对照组的 TC 值相比, 模型组、荷叶组和普洱组极显著升高($P<0.01$)。与对照组 TG 值相比, 模型组和 4 个干预组均极显著上升($P<0.01$)。

与模型组的 HDL-C 值相比, 对照组、山楂组和复合组极显著上升($P<0.01$), 荷叶组显著上升($P<0.05$), 普洱组无显著性差异($P>0.05$)。与模型组的 LDL-C 和 TG 值相比, 对照组、山楂组、荷叶组和复合组极显著降低($P<0.01$), 普洱组显著降低($P<0.05$)。与模型组的 TC 值相比, 对照组和 4 个干预组均极显著降低($P<0.01$)(表 2)。

结果发现模型组的 TC、TG、LDL-C 水平极显著高于对照组($P<0.01$), HDL-C 水平极显著低于对照组($P<0.01$), 表明长期高脂饮食增加了血脂指标异常的概率, 山楂、荷叶、普洱及复合组的干预均可不同程度地下调 TC、TG、LDL-C 的水平, 除普洱组外, 干预组均显著上调 HDL-C 的水平。复合组的各项血脂指标最接近对照组, 因此复合组

的调节血脂效果最好。

由各组的 AI、CRF 值可知, 模型组较对照组的 AI 值极显著增加($P<0.01$)。与模型组 AI 值相比, 山楂组、荷叶组和复合组极显著降低($P<0.01$), 普洱组显著降低($P<0.05$), 各组之间 CRF 与 AI 的差异性相同(表 3)。以上结果表明, 山楂、荷叶、普洱及复合组都有调节肥胖大鼠血脂水平的作用, 4 个干预组均能够降低长期高脂饮食状态下患 HLP 的风险, 其中复合组的效果最佳。

表 2 复合茶对高脂饮食大鼠血脂水平的影响($n=10$)

Table 2 Effects of compound tea on serum lipid level in high-fat diet rats ($n=10$)

组别	HDL-C/ (mmol/L)	LDL-C/ (mmol/L)	TC/ (mmol/L)	TG/ (mmol/L)
ND	1.26±0.12 ^d	0.28±0.08 ^d	1.44±0.23 ^d	0.73±0.15 ^d
HFD	1.08±0.07 ^b	0.49±0.07 ^b	2.35±0.23 ^b	1.38±0.12 ^b
HFD+HA	1.13±0.08 ^d	0.40±0.05 ^{bd}	1.62±0.21 ^d	1.09±0.10 ^{bd}
HFD+LL	1.11±0.07 ^{bc}	0.40±0.04 ^{bd}	1.81±0.16 ^{bd}	1.05±0.15 ^{bd}
HFD+PE	1.10±0.10 ^b	0.38±0.05 ^{bc}	2.02±0.22 ^{bd}	1.22±0.18 ^{bc}
HFD+COM	1.16±0.11 ^d	0.32±0.03 ^d	1.46±0.10 ^d	0.95±0.11 ^{bd}

表 3 复合茶对高脂饮食大鼠 AI 和 CRF 水平的影响($n=10$)

Table 3 Effects of compound tea on AI and CRF levels by high-fat diet rats ($n=10$)

组别	AI/(mg/dL)	CRF/(mg/dL)
ND	0.15±0.22 ^d	1.15±0.22 ^d
HFD	1.20±0.29 ^b	2.20±0.29 ^b
HFD+HA	0.45±0.23 ^{ad}	1.45±0.23 ^{ad}
HFD+LL	0.63±0.08 ^{bd}	1.63±0.08 ^{bd}
HFD+PE	0.86±0.30 ^{bc}	1.86±0.30 ^{bc}
HFD+COM	0.27±0.17 ^d	1.27±0.17 ^d

2.3 复合茶对高脂饮食大鼠肝脏系数和体脂比的影响

与对照组相比, 模型组、荷叶组的 LC 极显著增加($P<0.01$), 山楂组、普洱组和复合组无显著性差异($P>0.05$); 与模型组相比, 4 个干预组的 LC 值均极显著降低($P<0.01$), 且复合组值最小。与对照组相比, 模型组和 4 个干预组 BFR 极显著升高($P<0.01$); 与模型组相比, 荷叶组、普洱组和复合组的 BFR 值均极显著降低($P<0.01$), 山楂组的 BFR 值显著降低($P<0.05$), 且复合组值最小(表 4)。

肝脏是动物体内脂质代谢的中心器官, 肝脏指数常用来判断肝脏是否受损。体脂比能够反映机体内脂肪含量的多少, 过高或过低都不利于机体代谢。实验结果表明, 模型组大鼠体脂比、肝脏指数异常升高, 说明高脂饮食会诱发肝脏损伤、增加体内脂肪堆积, 而山楂、荷叶、普洱及复合组均能够延缓这过程, 显著降低肥胖大鼠的 LC 和 BFR 值, 且复合组效果最佳。

表 4 复合茶对高脂饮食大鼠 LC 和 BFR 的影响($n=10$)

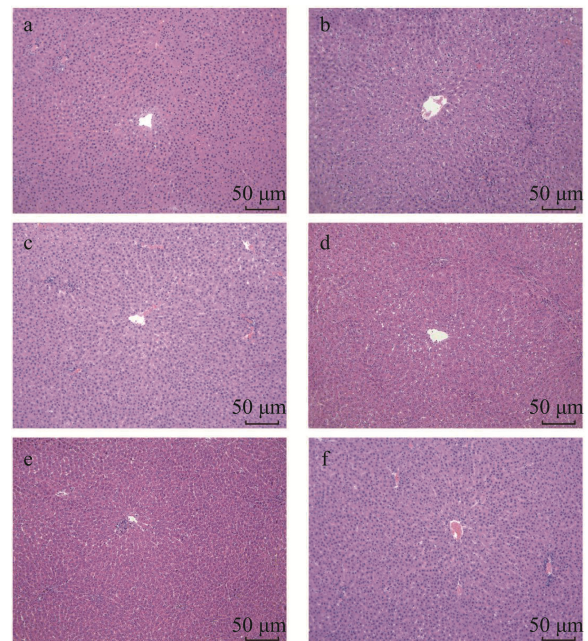
Table 4 Effects of compound tea on LC and BFR by high-fat diet rats ($n=10$)

组别	LC/%	BFR/%
ND	2.14±0.05 ^d	1.11±0.06 ^d
HFD	2.80±0.06 ^b	1.57±0.12 ^b
HFD+HA	2.24±0.19 ^d	1.47±0.05 ^{bc}
HFD+LL	2.40±0.19 ^{bd}	1.43±0.06 ^{bd}
HFD+PE	2.24±0.02 ^d	1.43±0.04 ^{bd}
HFD+COM	2.19±0.14 ^d	1.42±0.04 ^{bd}

2.4 复合茶对高脂饮食大鼠组织形态学的影响

2.4.1 肝脏组织病理学检查

各组肝脏 HE 染色切片显示, 对照组肝脏的中央静脉内皮完整, 肝细胞排列紧密整齐, 肝索和肝窦结构清晰, 未见明显的纤维增生, 单个的囊状核位于细胞中间; 模型组肝脏的中央静脉扩张且周围出现大量炎性细胞浸润, 肝细胞出现明显的大空泡或呈气球样变性, 细胞内细胞核被挤至一旁; 山楂组肝脏中央静脉内皮较为完整, 但周围仍见有部分肝细胞脂肪变性和肿胀; 荷叶组和普洱组肝脏中央静脉扩张仍有充血扩张, 变性肝细胞未见减少; 复合组肝脏中央静脉内皮完整, 未见空泡样或气球样肝细胞且细胞边界清晰。结果表明, 山楂、荷叶和普洱茶对肥胖大鼠肝脏受损的改善效果欠佳, 而复合组可以较好地减少肥胖大鼠肝脏炎性浸润和脂肪堆积的病变情况(图 1)。



注: a 对照组; b 高脂组; c 山楂组; d 荷叶组; e 普洱组; f 复合组, 下同。

图 1 大鼠肝脏 HE 染色图像(100 ×)

Fig.1 HE stained images of the liver of rats (100 ×)

2.4.2 脂肪组织病理学检查

各组大鼠肾周脂肪组织 HE 染色切片观察显示, 对照组的脂肪细胞排列整齐, 细胞体积较小, 细胞质较多; 模型组的脂肪细胞边缘模糊, 细胞体积变大呈圆形或椭圆状, 细胞质变少; 山楂组、荷叶组和普洱组的脂肪细胞体积较模型组有所减小; 复合组的脂肪细胞与对照组相似, 排列整齐且体积较小。结果表明, 山楂、荷叶和普洱对肥胖大鼠脂肪细胞的改善作用不够理想, 而复合组的干预可以有效抑制脂肪细胞数量的增多和面积的增大(图 2)。

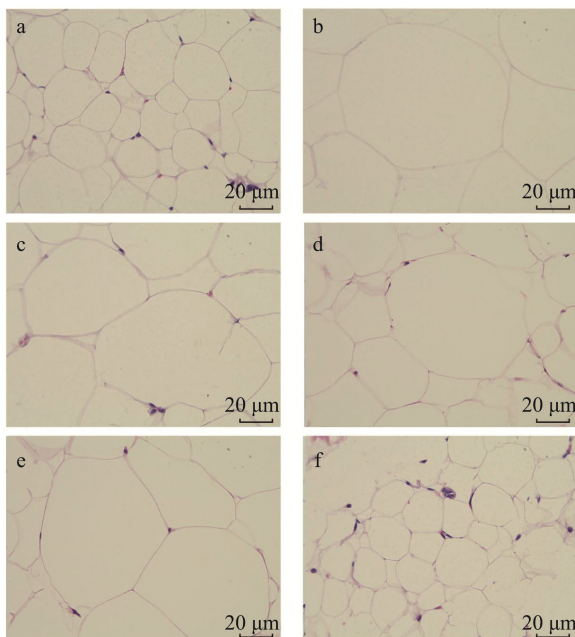


图 2 大鼠肾周脂肪组织 HE 染色图像(400 ×)

Fig.2 HE stained images of the perirenal fat of rats (400 ×)

3 结 论

脂质代谢异常可导致机体产生各种疾病。长期高脂饮食可致机体组织出现炎性浸润、肝脏的脂质堆积、脂肪组织的细胞体积增大和数量增多、主动脉管壁增厚等情况。而组织的病变常伴随着相应疾病的发生, 如肥胖、胰岛素抵抗、高血脂、脂肪肝以及动脉粥样硬化等^[37]。

本研究通过在高脂饲料中添加普洱茶、山楂、荷叶, 探究三者联用降脂减肥效果和对脂质代谢的影响。结果表明, 山楂、荷叶、普洱茶及复合组均能抑制肥胖大鼠体重的增长, 调节血脂水平, 同时降低肝脏指数和体脂比, 其中复合组的效果最佳; 山楂、荷叶、普洱茶单用对肥胖大鼠受损的肝脏组织、脂肪细胞改善效果欠佳, 三者联用可以明显减少肝脏炎性浸润和脂肪堆积的病变情况, 有效抑制脂肪细胞数量的增多和面积的增大, 具有调节肥胖大鼠脂质代谢的作用。

参考文献

- [1] 《中国心血管健康与疾病报告》编写组. 《中国心血管健康与疾病报告 2020》要点解读[J]. 中国心血管杂志, 2021, 26(3): 209–218. The Writing Committee of the Report on cardiovascular health and diseases in China. Interpretation of report on Cardiovascular health and diseases in China 2020 [J]. Chin J Cardiovasc Med, 2021, 26(3): 209–218.
- [2] KYRIAKOS G, QUILES SLV, DIAMANTIS E, *et al.* Lipid-lowering drugs and neurocognitive function: A systematic review [J]. In Vivo, 2020, 34(6): 3109–3114.
- [3] LAUFS U, BANACH M, MANCINI GBJ, *et al.* Efficacy and safety of bempedoic acid in patients with hypercholesterolemia and statin intolerance [J]. J Am Heart Assoc, 2019, 8(7): e011662.
- [4] 周晓丽, 何宁, 张倩, 等. 普洱茶提取物对实验性高脂模型大鼠降脂实验研究[J]. 职业与健康, 2021, 37(24): 3357–3360. ZHOU XL, HE N, ZHANG Q, *et al.* Experimental study on effect of Pu'er tea extract on hyperlipidemia model rats [J]. Occup Health, 2021, 37(24): 3357–3360.
- [5] HUANG F, WANG S, ZHAO A, *et al.* Pu-erh tea regulates fatty acid metabolism in mice under high-fat diet [J]. Front Pharmacol, 2019, 10: 63.
- [6] ZHANG Z, HE F, YANG W, *et al.* Pu-erh tea extraction alleviates intestinal inflammation in mice with flora disorder by regulating gut microbiota [J]. Food Sci Nutr, 2021, 9(9): 4883–4892.
- [7] HUANG F, ZHENG X, MA X, *et al.* Theabrownin from Pu-erh tea attenuates hypercholesterolemia via modulation of gut microbiota and bile acid metabolism [J]. Nat Commun, 2019, 10(1): 4971.
- [8] YE J, ZHAO Y, CHEN X, *et al.* Pu-erh tea ameliorates obesity and modulates gut microbiota in high fat diet fed mice [J]. Food Res Int, 2021, 144: 110360.
- [9] HU S, LI S, LIU Y, *et al.* Aged ripe Pu-erh tea reduced oxidative stress-mediated inflammation in dextran sulfate sodium-induced colitis mice by regulating intestinal microbes [J]. J Agric Food Chem, 2021, 69(36): 10592–10605.
- [10] LIU Y, LUO Y, WANG X, *et al.* Gut microbiome and metabolome response of Pu-erh tea on metabolism disorder induced by chronic alcohol consumption [J]. J Agric Food Chem, 2020, 68(24): 6615–6627.
- [11] 冯伟, 王雪青, 陈沛, 等. 普洱茶对膳食诱导肥胖大鼠降低体质量及调节细胞因子的作用[J]. 食品科学, 2019, 40(11): 175–181. FENG W, WANG XQ, CHEN P, *et al.* Pu-erh tea inhibits body mass gain and modulates cytokine profiles of nutritionally obese sprague-dawley rats [J]. Food Sci, 2019, 40(11): 175–181.
- [12] HUANG FJ, WANG SL, ZHAO AH, *et al.* Pu-erh tea regulates fatty acid metabolism in mice under high-fat diet [J]. Front Pharmacol, 2019, 5(10): 63.
- [13] 易娟, 刘鑫. 普洱茶抗肥胖作用及其相关机制研究进展[J]. 食品与机械, 2020, 36(5): 227–236. YI J, LIU M. New progress on anti-obesity effect and mechanism of Pu'er tea [J]. Food Mach, 2020, 36(5): 227–236.
- [14] 郭雨艳, 夏丽娜, 周雪梅, 等. 基于《内经》“盐胜血”理论探讨生山楂饮防治高血压血管病变的机理[J]. 中华中医药学刊, 2019, 37(7): 1677–1680. GUO YY, XIA LN, ZHOU XM, *et al.* Research on effects mechanism of haw decoction in prevention and treatment of hypertensive vascular diseases based on theory of salt restricting blood [J]. Chin Arch Tradit Chin Med, 2019, 37(7): 1677–1680.
- [15] LUO L, XUE Q, QI Y, *et al.* Therapeutic effects of different polar

- fractions of hawthorn extract on blood stasis model rats revealed by liquid chromatography-mass spectrometry metabolomics [J]. *J Sep Sci*, 2021, 44(21): 4005–4016.
- [16] XU Y, ZHAO Y, XU Y, *et al.* Blocking inhibition to YAP by ActinomycinD enhances anti-tumor efficacy of Corosolic acid in treating liver cancer [J]. *Cell Signal*, 2017, 29: 209–217.
- [17] HU C, ZHANG Y, LIU G, *et al.* Untargeted metabolite profiling of adipose tissue in hyperlipidemia rats exposed to hawthorn ethanol extracts [J]. *J Food Sci*, 2019, 84(4): 717–725.
- [18] SHATOOR AS, HUMAYED SAL. The protective effect of crataegus aronia against high-fat diet-induced vascular inflammation in rats entails inhibition of the NLRP-3 inflammasome pathway [J]. *Cardiovasc Toxicol*, 2020, 20(1): 82–99.
- [19] 宁素云, 滕丹, 慕杨娜, 等. 基于肠道微生态研究山楂粉调节高脂膳食小鼠血脂的机制[J]. *中成药*, 2020, 42(11): 3062–3069.
- NING SY, TENG D, MU YN, *et al.* Study on the mechanism of hawthorn powder regulating blood lipid in high-fat diet mice based on intestinal microecology [J]. *Chin Tradit Pat Med*, 2020, 42(11): 3062–3069.
- [20] LEE J, CHO E, KWON H, *et al.* The fruit of *Crataegus pinnatifida* ameliorates memory deficits in β -amyloid protein-induced Alzheimer's disease mouse model [J]. *J Ethnopharmacol*, 2019, 243: 112–107.
- [21] LIU G, CUI Z, GAO X, *et al.* Corosolic acid ameliorates non-alcoholic steatohepatitis induced by high-fat diet and carbon tetrachloride by regulating TGF-beta1/Smad2, NF-kappaB, and AMPK signaling pathways [J]. *Phytother Res*, 2021, 35(9): 5214–5226.
- [22] NASCIMENTO RPD, MACHADO A, LIMA VS, *et al.* Chemoprevention with a tea from hawthorn (*Crataegus oxyacantha*) leaves and flowers attenuates colitis in rats by reducing inflammation and oxidative stress [J]. *Food Chem*, 2021, 12: 100139.
- [23] WANG T, WANG Z, YANG Z, *et al.* Effect of the fermentation broth of the mixture of *Pueraria lobata*, *Lonicera japonica*, and *Crataegus pinnatifida* by *Lactobacillus rhamnosus* 217-1 on liver health and intestinal flora in mice with alcoholic liver disease induced by liquor [J]. *Front Microbiol*, 2021, 12: 722171.
- [24] 孙佳秀, 夏鹏国, 梁宗锁. 荷叶的药理功效及功能食品开发[J]. *浙江农业科学*, 2021, 62(9): 1874–1881.
- SUN JX, XIA PG, LIANG ZS. Pharmacological effects and functional food development of lotus leaf [J]. *J Zhejiang Agric Sci*, 2021, 62(9): 1874–1881.
- [25] LIMWACHIRANON J, HUANG H, SHI Z, *et al.* Lotus flavonoids and phenolic acids: Health promotion and safe consumption dosages [J]. *Compr Rev Food Sci Food*, 2018, 17(2): 458–471.
- [26] YAN K, ZHU H, XU J, *et al.* Lotus leaf aqueous extract reduces visceral fat mass and ameliorates insulin resistance in HFD-induced obese rats by regulating PPAR γ 2 expression [J]. *Front Pharmacol*, 2017, 8: 409.
- [27] WANG Y, YAO W, LI B, *et al.* Nuciferine modulates the gut microbiota and prevents obesity in high-fat diet-fed rats [J]. *Exp Mol Med*, 2020, 52(12): 1959–1975.
- [28] LIU T, TAN F, LONG X, *et al.* Improvement effect of lotus leaf flavonoids on carbon tetrachloride-induced liver injury in mice [J]. *Biomedicines*, 2020, 8(2): 41.
- [29] KIM BM, CHO BO, JANG SI. Anti-obesity effects of *Diospyros* lotus leaf extract in mice with high-fat diet-induced obesity [J]. *Int J Mol Med*, 2019, 43(1): 603–613.
- [30] QIU M, XIAO F, WANG T, *et al.* Protective effect of Hedansanqi Tiaozhi Tang against non-alcoholic fatty liver disease *in vitro* and *in vivo* through activating Nrf2/HO-1 antioxidant signaling pathway [J]. *Phytomedicine*, 2020, 67: 153140.
- [31] 蒋媛媛. 一种含茶高脂饲料的制作、营养分析及体内脂肪活性评价[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2017.
- JIANG YY. Preparation, nutrient analysis and lipid-lowering activity evaluation of a tea supplemented high fat feed [D]. Hefei: Anhui Agriculture University, 2017.
- [32] 熊昌云. 普洱茶降脂减肥功效及作用机理研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2012.
- XIONG CY. Study on lipid-reducing effect and mechanism of Pu-erh tea [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2012.
- [33] ZENG L, LUO L, XUE Q, *et al.* LC-MS based plasma metabolomics study of the intervention effect of different polar parts of hawthorn on hyperlipidemia rats [J]. *J Sep Sci*, 2021, 44(5): 963–972.
- [34] 游翕, 张林, 姚俊鹏, 等. 食源性肥胖动物模型评价的研究进展[J]. *中华中医药杂志*, 2021, 36(4): 2184–2187.
- YOU X, ZHANG L, YAO JP, *et al.* Research progress on evaluation and observation of diet-induced obesity animal model [J]. *Chin J Tradit Chin Med Pharm*, 2021, 36(4): 2184–2187.
- [35] 司原成, 苗维纳, 吴高鑫, 等. 针刺对营养性肥胖小鼠肠黏膜 TLR1/TLR2 基因的良好调控作用[J]. *中华中医药杂志*, 2019, 34(3): 1166–1169.
- SI YC, MIAO WN, WU GX, *et al.* Effects on the regulatory function of intestinal mucosal TLR1/TLR2 gene in nutritional obese mice by acupuncture [J]. *Chin J Tradit Chin Med Pharm*, 2019, 34(3): 1166–1169.
- [36] 王佳楠, 刘悦, 钱盈莹, 等. 几种用于评价高脂血症疗效的新型指标[J]. *中国动脉硬化杂志*, 2021, 29(8): 718–721.
- WANG JN, LIU Y, QIAN YY, *et al.* Several new indicators for evaluating the effectiveness of hyperlipidemia treatment [J]. *Chin J Arterios*, 2021, 29(8): 718–721.
- [37] FAN QY, YIN X, RABABA'H A, *et al.* Absence of gravin-mediated signaling inhibits development of high-fat diet-induced hyperlipidemia and atherosclerosis [J]. *Am J Physiol Heart Circ Physio*, 2019, 317(4): 793–810.

(责任编辑: 张晓寒 郑 丽)

作者简介



王 超, 硕士, 助理研究员, 主要研究方向为中药药理毒理。
E-mail: 289218166@qq.com

李 舜, 硕士, 副研究员, 主要研究方向为保健食品。
E-mail: 11234115@qq.com