

DOI: 10.12161/j.issn.1005-6521.2024.10.010

灵芝螺旋藻复方胶囊辅助降血糖功能

林震山¹, 赵辉^{1,2}, 杨艳³, 刘斌^{1,2*}

(1. 福建农林大学 食品科学学院, 福建 福州 350002; 2. 国家菌草工程技术研究中心, 福建 福州 350002;
3. 福建省疾病预防控制中心, 福建 福州 350001)

摘要: 该文探究灵芝螺旋藻复方胶囊对II型糖尿病小鼠的降血糖作用。采用高能饲料结合腹腔注射链脲佐菌素的方法, 建立II型糖尿病小鼠模型, 随机将小鼠分为对照组、模型组和低、中、高剂量组。灵芝螺旋藻复方胶囊连续干预4周, 测定小鼠体质量、脏器指数、血液相关指标并观察肝、胰腺、盲肠病理组织切片。结果显示, 低、中、高剂量(相当于人体推荐用量5、10、30倍)灵芝螺旋藻复方胶囊能不同程度改善糖尿病小鼠脏器指数、血糖水平以及葡萄糖耐量; 从病理组织切片观察到经过3个剂量组干预的肝细胞体积明显恢复且排列整齐、脂滴空泡减少, 肝细胞的损伤与炎症明显改善; 胰岛细胞边界随剂量的增大而变得逐渐清晰且有序; 低、中剂量两个组除绒毛有少部分呈圆环状环绕外, 3个剂量组盲肠组织外膜、肌层、黏膜、绒毛形态均有明显改善。综上, 低、中、高3个剂量灵芝螺旋藻复方胶囊均可有效改善II型糖尿病小鼠的糖脂代谢, 有助于维持血糖健康水平。

关键词: 灵芝螺旋藻复方胶囊; 糖尿病; 降血糖功能; 糖尿病小鼠模型; 动物实验

Hypoglycemic Function of *Ganoderma lucidum* Spirulina Compound Capsules

LIN Zhenshan¹, ZHAO Hui^{1,2}, YANG Yan³, LIU Bin^{1,2*}

(1. College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, Fujian, China;
2. China National Engineering Research Center of Juncao Technology, Fuzhou 350002, Fujian, China;
3. Fujian Provincial Center for Disease Control and Prevention, Fuzhou 350001, Fujian, China)

Abstract: This paper investigated the hypoglycemic effect of *Ganoderma lucidum* spirulina compound capsules on type II diabetes mellitus (T2DM) mice. A T2DM mouse model was established using high-calorie feed combined with intraperitoneal injection of streptozotocin. The mice were then randomly divided into control, model, low-dose, medium-dose, and high-dose groups. Those in the intervention groups continuously received *G. lucidum* spirulina compound capsules for four weeks. The body weight, organ index, and blood-related indexes of mice were measured, and histopathologic sections of liver, pancreas and cecum were observed. The results showed that low, medium and high doses (equivalent to 5, 10 and 30 times the recommended dosage for humans, respectively) of *G. lucidum* spirulina compound capsules improved the organ index, blood glucose and glucose tolerance of T2DM mice to different degrees. Histopathologic sections revealed significant recovery in hepatocyte volume with neat arrangement as well as decreased vacuoles. This improvement indicated a reduction in hepatocyte damage and inflammation. Furthermore, an increase in the dosage resulted in clearer and more orderly edges of pancreatic islet cells. The three dosages markedly improved the morphology of the outer membrane, muscle layer, mucosa, and villi of cecum tissue. However, there were a few rounded villi in low- and medium-dose groups. In conclusion, the low, medium, and high doses of *G. lucidum* spirulina compound capsules effectively regulated the glucose and lipid metabolism in T2DM mice, contributing to maintaining normal blood glucose.

Key words: *Ganoderma lucidum* spirulina compound capsules; diabetes mellitus; hypoglycemic function; diabetic mouse model; animal experiment

基金项目: 国家海洋局“十三五”海洋经济创新发展示范项目(FZHJ17)

作者简介: 林震山(1981—), 男(汉), 讲师, 硕士研究生, 研究方向: 食品科学与工程。

*通信作者: 刘斌, 男, 教授, 博士, 研究方向: 食品科学与工程。

引文格式:

林震山,赵辉,杨艳,等.灵芝螺旋藻复方胶囊辅助降血糖功能[J].食品研究与开发,2024,45(10):69-74.

LIN Zhenshan, ZHAO Hui, YANG Yan, et al. Hypoglycemic Function of *Ganoderma lucidum* Spirulina Compound Capsules [J]. Food Research and Development, 2024, 45(10): 69-74.

糖尿病(diabetes mellitus, DM)是由多种原因引起的胰岛素分泌缺陷、胰岛素作用不足或两者兼有的以慢性高血糖为特征的代谢性疾病^[1]。大多数人会由于长期不良的生活方式、饮食习惯以及身体内部等因素引起糖尿病。如果人体长期处于高血糖的情况下,会引发肝、脑、肾等多种器官病变,严重时可危及生命^[2]。目前常用的药物有双胍类、磺脲类、 α -葡萄糖苷酶抑制剂等西药,这些药物服用后都有一定的副作用,如体重增加、腹泻、恶心、腹胀、酸中毒、胃肠功能紊乱、肝细胞和胆汁淤积性肝损伤等,长期服用可能对人体产生不可逆转的伤害^[3]。我国中医药制品因疗效稳定、作用靶点多、毒副作用小而被大众普遍接受^[4]。植物中所含有的生物碱、皂苷、多肽、黄酮及多糖等在降血糖、改善胰岛素抵抗方面有较理想的效果^[5]。且流行病学研究表明,Ⅱ型糖尿病在很大程度上可以通过改变饮食和生活方式来预防。因此,天然、安全和有效的辅助降血糖功能食品的开发是预防和治疗糖尿病的一个发展趋势^[6-7]。

灵芝^[8]、葛根^[9-10]作为传统中药,不仅用于糖尿病的临床治疗,而且用于研发众多相关的功能食品。螺旋藻^[11]与富铬酵母^[12]因功效明显也被越来越多的人所认知。本研究根据中医君臣佐使以及“药食同源”理论,将传统中药提取物与现代功能食品相结合,研发出以灵芝醇提取物、螺旋藻、葛根醇提取物和富铬酵母4种原料为主组成的灵芝螺旋藻复方胶囊。该配伍组合补气养阴、清热生津,可有针对性的发挥维持血糖健康水平的作用。本研究采用高能饲料结合腹腔注射链脲佐菌素诱导建立的Ⅱ型糖尿病小鼠模型,进行降血糖实验,探究灵芝螺旋藻复方胶囊的降血糖作用,以期能为灵芝螺旋藻复方胶囊的研发和应用提供理论依据。

1 试验材料与方法

1.1 主要试剂和仪器

灵芝螺旋藻复方胶囊,由福建农林大学实验室将灵芝醇提取物与葛根醇提取物、螺旋藻、富铬酵母(含铬2 000 mg/kg)按质量比10:32:53:3制备;链脲佐菌素(streptozotocin, STZ):上海源叶生物科技有限公司;小鼠胰岛素(insulin, INS)酶联免疫吸附测定试剂盒:南京建成生物工程研究所。

HGM-112型血糖测试仪及配套试纸:欧姆龙健康医疗(中国)有限公司;SpectraMax i3x型多功能酶标

仪;美国Molecular Devices公司;Kubota/6000高速冷冻离心机:久保田(中国)投资有限公司;DM-125光学显微镜:山东博科生物产业有限公司。

1.2 实验动物和饲料

50只无特定病原体(specific pathogen free, SPF)级昆明雄性小鼠[4周龄, (20 \pm 3) g]:福州吴氏中心,将其置于恒温动物房(23 \pm 2) $^{\circ}$ C中采用普通饲料摄食加自由饮水的饲养方式适应1周。其中每天控制12 h灯光照明以模拟昼夜交替。

普通饲料:南通特洛非饲料科技有限公司。高能饲料配方为15%蔗糖、15%猪油、1%胆固醇、10%蛋黄、0.2%胆盐和58.8%普通饲料。

1.3 方法

1.3.1 糖尿病小鼠模型建立与实验分组

本实验所涉及造模方法、剂量分组参照保健食品功能检验与评价方法进行。将50只小鼠适应性饲养1周后,随机取10只小鼠为正常组(Normal组),禁食3~5 h,测空腹血糖,作为该批次动物基础血糖值。其余40只小鼠禁食24 h(自由饮水),腹腔注射STZ(120 mg/kg BW)造模,STZ现配现用,按120 mg/kg BW的剂量将STZ溶解于0.1 mol/L pH4.0的柠檬酸盐缓冲液中(冰浴)。注射7 d后禁食3~5 h,尾静脉采血测血糖,血糖值为10~25 mmol/L且伴随多饮、多食、多尿及体质量减轻的症状,则认为高血糖模型成功。

建模成功后小鼠(每组n=10)分为模型(Model)组、低剂量(L)、中剂量(M)和高剂量(H)组。给药剂量:灵芝螺旋藻复方辅助降糖胶囊的推荐剂量为人体每日2.8 g/60 kg BW。实验设人体推荐剂量的5、10、30倍,即每日0.23、0.46、1.40 g/kg BW为低、中、高3个剂量组。高剂量受试物:使用无菌水配制成1.40 g/10 mL的溶液;中剂量受试物:使用无菌水配制成0.46 g/10 mL的溶液;低剂量受试物:使用无菌水配制成0.23 g/10 mL的溶液。每日一次经口给予,连续灌胃30 d后测各项指标。小鼠灌胃体积为10 mL/kg BW。高血糖模型对照组用无菌水代替受试物,每日灌胃体积与各受试物组相同。各剂量组均给予普通饲料。饲养期间自由采食基础饲料和饮水,持续给药30 d。

1.3.2 实验组织样品的制备

各组小鼠经过4周喂养后,禁食不禁水12 h,大鼠麻醉3~5 min后进行摘眼球取血,并对其进行颈椎脱臼处死。收集的血液静置2 h后2 000 r/min离心

15 min,取上清液分装于离心管中,-80℃保存,用于后续检测分析。收集肝脏、胰腺、盲肠组织,用生理盐水冰上漂洗,去除血渍和污物,并剔除结缔组织和脂肪组织,用滤纸吸干组织液和水分后称取脏器质量,计算大鼠脏器指数。剪取部分组织用4%多聚甲醛溶液固定,以备进一步分析。

1.3.3 小鼠体质量及血糖相关指标的测定

分别在灌胃的第0、7、14、21、28天测量体质量并进行尾静脉采血测量空腹血糖(fasting blood glucose, FBG)。灌胃4周后,禁食12h进行口服葡萄糖耐量试验(oral glucose tolerance test, OGTT),给予小鼠灌胃葡萄糖溶液(2 g/kg),并于0、30、60、90、120 min测定血糖值,计算曲线下面积(area under curve, AUC)。

$$A=0.25 \times (G_{0h} + G_{0.5h}) + 0.25 \times (G_{0.5h} + G_{1h}) + 0.5 \times (G_{1h} + G_{2h})$$

式中:A为AUC,(mmol×h)/L; G_{0h} 、 $G_{0.5h}$ 、 G_{1h} 、 G_{2h} 分别为未灌胃葡萄糖溶液之前以及灌胃葡萄糖溶液0.5、1.0、2.0 h的血糖值,mmol/L。

1.3.4 小鼠血清相关生化指标、血清空腹胰岛素及胰岛素敏感性的测定

将1.3.2中收集的血清按照酶联免疫吸附测定试剂盒操作说明进行空腹血清胰岛素(fasting insulin, FINS)含量的测定,并计算胰岛素抵抗指数(homeostasis model assessment-insulin resistance, HOMA-IR),公式如下。

$$A = B \times C / 22.5$$

式中:A为HOMA-IR;B为FBG,mmol/L;C为FINS,mmol/L;22.5为换算系数。

1.3.5 组织病理学观察

将1.3.2中经过4%多聚甲醛固定的小鼠肝脏、胰腺和盲肠组织进行石蜡包埋,并切成4 μm的切片,然后进行苏木精-伊红(hematoxylin-eosin staining, H&E)染色,再用二甲苯处理得透明切片,通过光学显微镜观察组织形态。

1.4 统计学方法

数据使用SPSS 24软件进行单因素方差分析判断数据统计学上的显著性,结果表示为平均值±标准差(n=6)。使用Origin 2022软件绘制图像。

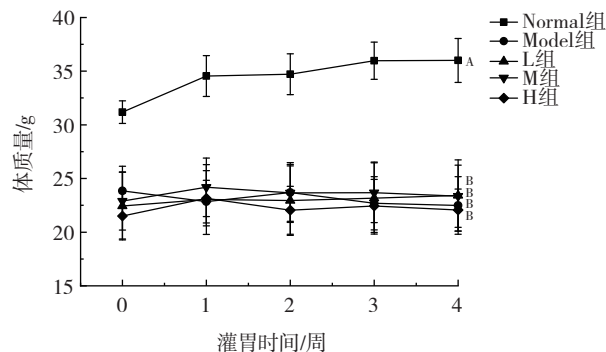
2 结果与分析

2.1 灵芝螺旋藻复方胶囊对糖尿病小鼠一般状态及体质量的影响

造模成功后,小鼠开始呈现“三多一少”的糖尿病症状,即多饮、多食、多尿、体质量减少。Normal组小鼠精神状态良好、毛发光泽,饮食、饮水、尿量均正常且垫料无异味,对外界刺激反应灵敏;Model组小鼠精神状态萎靡,毛发暗沉,易惊易爆,饲养过程中发现其易激且垫料酸臭潮湿。与Model组相比,3个剂量组的

小鼠不论是毛发、精神状态,还是活动度、垫料潮湿情况上均有所改善。

糖尿病会导致机体的能量代谢受损且对碳水化物的利用能力下降,从而引起体质量的下降。灵芝螺旋藻复方胶囊对各组小鼠体质量的影响见图1。



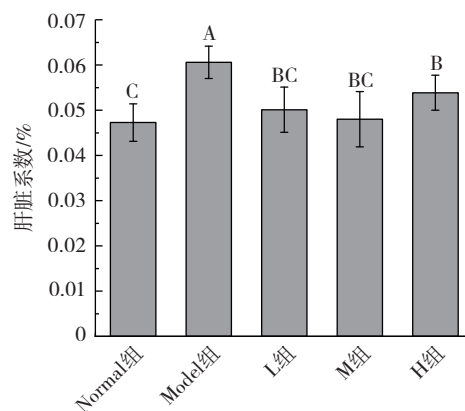
不同大写字母表示第4周时组间差异显著($P < 0.05$)。

图1 灵芝螺旋藻复方胶囊对各组小鼠体质量的影响

Fig.1 Effect of *Ganoderma lucidum spirulina* compound capsules on the body weight of mice in each group

从图1可以看出,灌胃后Normal组小鼠体质量缓慢增长,其他4组维持体质量基本不变。灌胃第4周时,其他4组小鼠体质量均显著低于Normal组($P < 0.05$)。相较于Model组,灵芝螺旋藻复方3个剂量组小鼠体质量与Model组之间均无显著差异($P > 0.05$)。

灵芝螺旋藻复方胶囊对小鼠脏器指数的影响见图2。脏器指数以肝脏计算,正常时,各脏器与体质量的比值较恒定,比值增大,则表示脏器充血、肿大或肥大。



不同大写字母表示组间差异显著($P < 0.05$)。

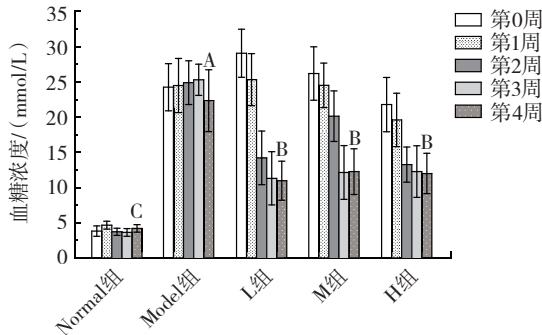
图2 灵芝螺旋藻复方胶囊对小鼠脏器指数的影响

Fig.2 Effect of *Ganoderma lucidum spirulina* compound capsules on the organ index of mice

从图2可以看出,Model组小鼠较Normal组小鼠肝脏的脏器指数有显著升高($P < 0.05$),表明STZ诱导的糖尿病小鼠呈现明显的脏器肿胀现象。与Model组比较,灵芝螺旋藻复方3个剂量组对减轻脏器肿胀均有显著作用($P < 0.05$)。

2.2 灵芝螺旋藻复方胶囊对 T2DM 小鼠血糖水平的影响

FBG 是检测糖尿病患者血糖水平变化的最常用的指标。灵芝螺旋藻复方胶囊对小鼠空腹血糖的影响见图 3。



不同大写字母表示第 4 周时组间差异显著 ($P < 0.05$)。

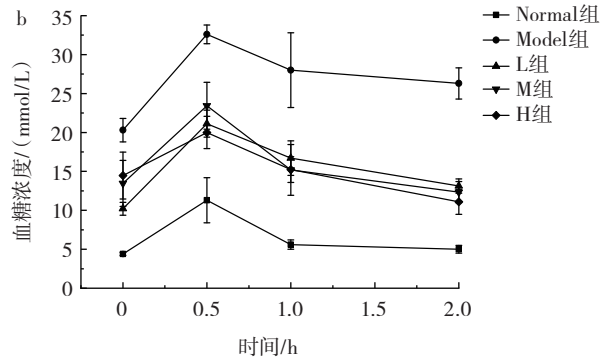
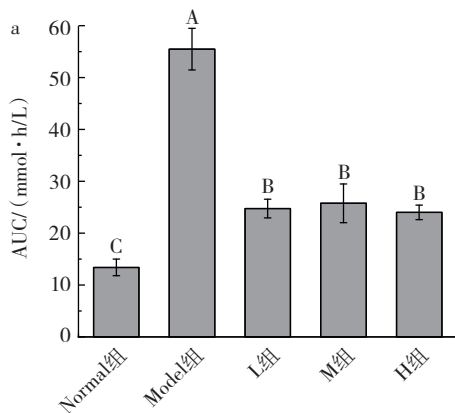
图 3 灵芝螺旋藻复方胶囊对小鼠空腹血糖的影响

Fig.3 Effect of *Ganoderma lucidum* spirulina compound capsules on fasting blood glucose of mice

从图 3 可以看出, Normal 组的小鼠血糖浓度始终保持在 4~5 mmol/L 的恒定水平, Model 组小鼠的空腹血糖浓度均在 20 mmol/L 以上, 与 Normal 组比较差异显著 ($P < 0.05$), 说明小鼠 T2DM 模型造模成功且具有较好的稳定性。在灌胃第 0 周, 相比 Normal 组, 其他组小鼠 FBG 均明显增加。灌胃 4 周后, 3 个剂量组 FBG 水平均显著低于 Model 组 ($P < 0.05$), 说明灵芝螺旋藻复方胶囊可以显著改善 T2DM 小鼠高血糖症状; 与 Normal 组相比, 3 个剂量组 FBG 并未恢复至正常水平, 可能是由于干预 4 周时间过短。

OGTT 是临床上通过观察患者血糖分泌峰值以及考察胰岛素分泌能力来诊断糖尿病的一种检测方法, 灵芝螺旋藻复方胶囊对小鼠口服葡萄糖耐量及糖耐量曲线下面积的影响见图 4。

由图 4 可知, 当口服葡萄糖 0.5 h 后, 各组小鼠血糖水平均达到峰值, 随后开始下降。Model 组血糖水平在这 5 个时间点均处于最高值。结合糖耐量 ACU 可以更直观对比各组间 OGTT 的差异。相比较 Model



a. 糖耐量曲线下面积 (ACU); b. 口服葡萄糖耐量 (OGTT)。不同字母表示组间差异显著 ($P < 0.05$)。

图 4 灵芝螺旋藻复方胶囊对小鼠口服葡萄糖耐量及糖耐量曲线下面积的影响

Fig.4 Effect of *Ganoderma lucidum* spirulina compound capsules on oral glucose tolerance and area under the curve of mice

组, 3 个剂量组 ACU 水平均显著降低 ($P < 0.05$), 说明灵芝螺旋藻复方胶囊可改善糖尿病小鼠的糖耐量。

2.3 灵芝螺旋藻复方胶囊对 T2DM 小鼠肝脏、胰腺和盲肠组织病理学的影响

随着 T2DM 小鼠糖脂代谢紊乱不断加重, 脂质堆积与氧化应激会诱发肝组织产生炎症损伤。肝损伤会影响脂肪酸的代谢速率并引发一系列非特异性炎症, 如胰岛素受体底物异常磷酸化以及盲肠组织的炎症状态等。小鼠肝脏组织 H&E 染色病理切片见图 5。

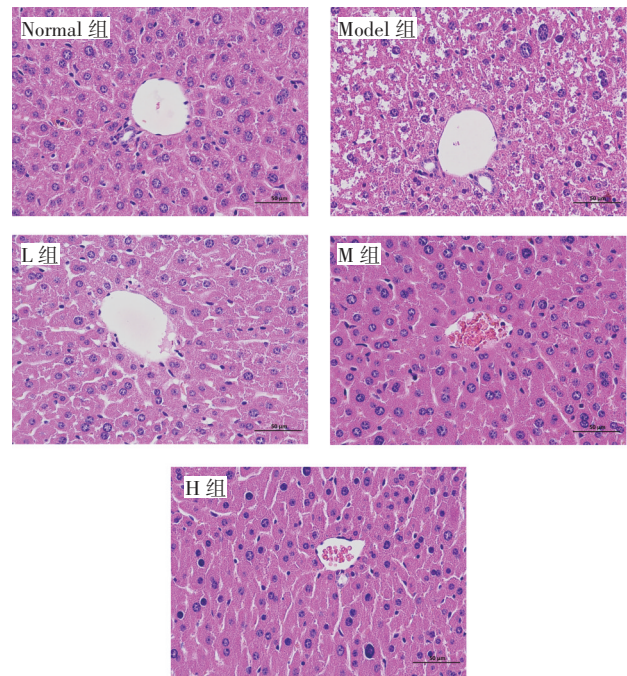


图 5 小鼠肝脏组织 H&E 染色病理切片 (400×)

Fig.5 H&E-stained sections of mouse liver tissue (400×)

从图 5 中可以看出, Normal 组小鼠肝索清晰, 肝细胞呈单排沿中央静脉呈放射性排列, 分布均匀且无

破裂。而 Model 组小鼠肝细胞体积增大且有大量的脂滴空泡。3 个剂量组经过 4 周的给药干涉后,肝细胞体积明显恢复、排列整齐且脂滴空泡减少,明显改善了肝细胞的损伤与炎症。

胰腺在糖代谢和维持血糖稳态中起至关重要的作用,H&E 染色可以直观判断胰岛细胞分布以及胰岛素分泌情况。小鼠胰腺组织 H&E 染色病理切片见图 6。

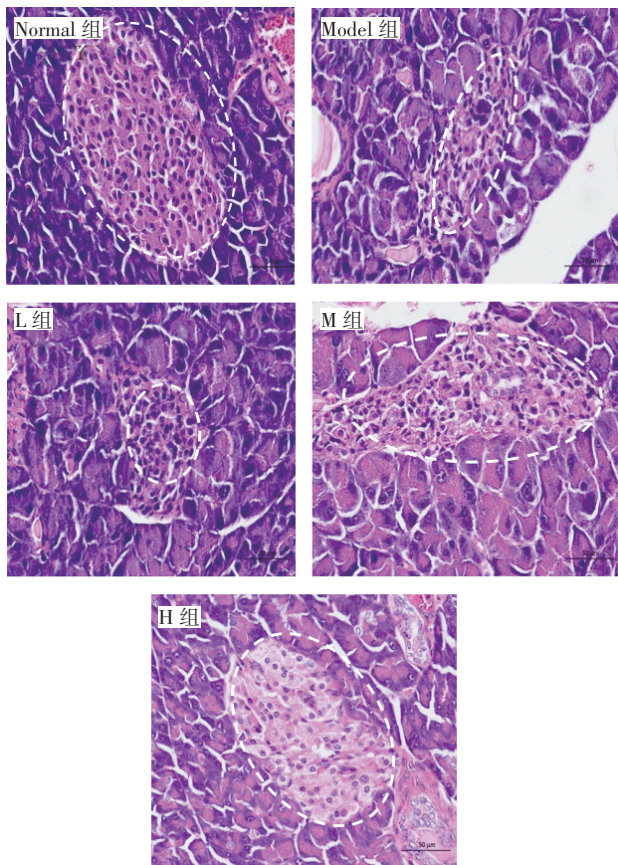


图 6 小鼠胰腺组织 H&E 染色病理切片(400×)

Fig.6 H&E-stained sections of mouse pancreatic tissue (400×)

由图 6 可知,Normal 组小鼠胰岛分散在胰腺腺泡细胞中为浅染色区,呈簇状分布,腺泡中胰岛 β 细胞丰富,大小均匀,排列紧密,而 Model 组,胰腺腺泡面积萎缩。胰岛 β 细胞形态发生改变,胰岛边缘不清晰,结构紊乱。与 Model 组相比,3 个剂量组药物干预后小鼠的病理损伤明显减轻,其形态有不同程度的改善,胰岛细胞边界随剂量的增大而变得逐渐清晰且有序。H 组胰岛细胞数量和体积明显增加,与 Normal 组趋于相似。以上这些发现表明,灵芝螺旋藻复方胶囊可以保护胰岛细胞。

小鼠盲肠组织的 H&E 染色病理切片见图 7。

由图 7 可知,在盲肠组织的 H&E 染色病理切片中可以看出 Normal 组小鼠盲肠组织外膜、肌层、黏膜、绒毛均清晰完整,而 Model 组绒毛排列杂乱,肠腔有明显间隙,可能是由于盲肠出现炎症导致肠腔间隙充满炎

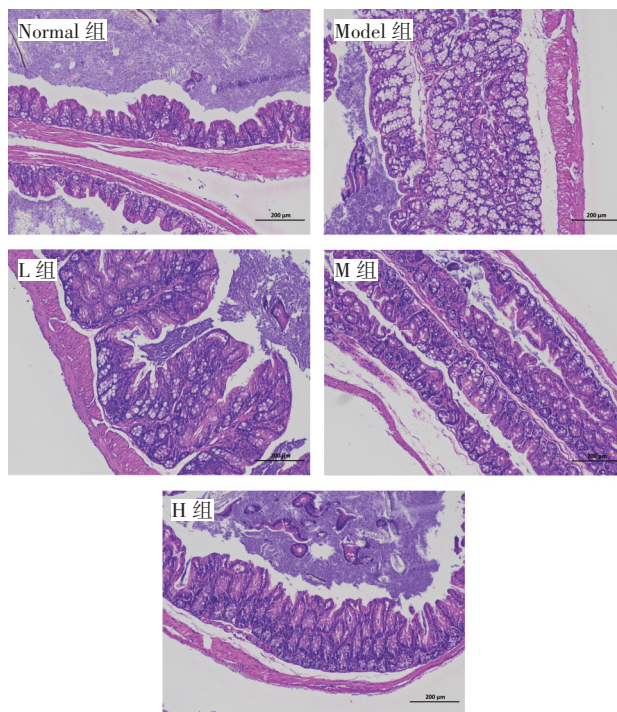


图 7 小鼠盲肠组织 H&E 染色病理切片(100×)

Fig.7 H&E-stained sections of mouse cecum tissue (100×)

症分泌物。经过 4 周喂养,L、M 两个组除绒毛有少部分呈圆状环绕外,其他现象均有所改善,H 组几乎与 Normal 组小鼠相似。以上说明灵芝螺旋藻复方胶囊可以改善 T2DM 小鼠盲肠组织的炎症与损伤。

3 结论

本研究将灵芝醇提取物、葛根醇提取物、螺旋藻、富铬酵母经科学配比制成的胶囊对糖尿病小鼠的降血糖效果进行了评价。结果发现,经过 4 周的干预喂养,与模型组相比,3 个剂量组对体质量下降没有明显改善,但对脏器肿胀均有显著减轻的作用($P < 0.05$),FBG 水平显著下降($P < 0.05$)。OGTT 结果表明灵芝螺旋藻复方胶囊可改善糖尿病小鼠的糖耐量。在组织病理方面,3 个剂量组均改善了肝细胞损伤、胰岛素分泌以及盲肠组织炎症现象。根据保健食品功能检验与评价方法(2012 年版)结果判定原则,表明灵芝螺旋藻复方胶囊具有辅助降血糖功能。

参考文献:

- [1] 朱琳琳. 中医药治疗糖尿病研究进展[D]. 北京: 北京中医药大学, 2013.
ZHU Linlin. Research progress of treating diabetes with traditional Chinese medicine[D]. Beijing: Beijing University of Chinese Medicine, 2013.
- [2] 中华医学会糖尿病学分会. 中国 2 型糖尿病防治指南(2017 年版)[J]. 中国实用内科杂志, 2018, 38(4): 292-344.
Chinese Diabetes Society. Guidelines for the prevention and control of type 2 diabetes in China (2017 Edition)[J]. Chinese Journal of

- Practical Internal Medicine, 2018, 38(4): 292-344.
- [3] 梁珊珊, 周智华, 李成程, 等. 1990—2019年中国糖尿病疾病负担及发病预测分析[J]. 中国全科医学, 2023, 26(16): 2013-2019.
LIANG Shanshan, ZHOU Zhihua, LI Chengcheng, et al. Diabetes in China: Burden analysis between 1990 and 2019 and incidence prediction between 2020 and 2030[J]. Chinese General Practice, 2023, 26(16): 2013-2019.
- [4] PENG Y B, REN D D, SONG Y F, et al. Effects of a combined ficoidan and traditional Chinese medicine formula on hyperglycaemia and diabetic nephropathy in a type II diabetes mellitus rat model[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2020, 147: 408-419.
- [5] LI T T, HUANG Z R, JIA R B, et al. *Spirulina platensis* polysaccharides attenuate lipid and carbohydrate metabolism disorder in high-sucrose and high-fat diet-fed rats in association with intestinal microbiota[J]. Food Research International, 2021, 147: 110530.
- [6] HUANG Z F, WANG C E, CHEN J, et al. Ameliorating effect on glycolipid metabolism of *Spirulina* functional formulation combination from traditional Chinese medicine[J]. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2022, 2022: 3910116.
- [7] LI T T, TONG A J, LIU Y Y, et al. Polyunsaturated fatty acids from microalgae *Spirulina platensis* modulates lipid metabolism disorders and gut microbiota in high-fat diet rats[J]. Food and Chemical Toxicology: an International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association, 2019, 131: 110558.
- [8] 包焜, 陈萍, 毕云枫, 等. 灵芝活性组分在小鼠体内的降糖功效研究[J]. 中国兽药杂志, 2015, 49(1): 29-32.
BAO Kun, CHEN Ping, BI Yunfeng, et al. Hypoglycemic effect of *Ganoderma lucidum* active component[J]. Chinese Journal of Veterinary Drug, 2015, 49(1): 29-32.
- [9] 李颖萌, 范雪梅, 王义明, 等. 葛根苓连汤对2型糖尿病大鼠的治疗作用及其机制探讨[J]. 药理学报, 2013, 48(9): 1415-1421.
LI Yingmeng, FAN Xuemei, WANG Yiming, et al. Therapeutic effects of Gegen Qinlian Decoction and its mechanism of action on type 2 diabetic rats[J]. Acta Pharmaceutica Sinica, 2013, 48(9): 1415-1421.
- [10] 陈凯, 魏平慧, 史琳. 葛根异黄酮类成分的药理作用研究进展[J]. 药物评价研究, 2022, 45(12): 2602-2610.
CHEN Kai, WEI Pinghui, SHI Lin. Research progress on pharmacological effects of isoflavones from *Pueraria lobata*[J]. Drug Evaluation Research, 2022, 45(12): 2602-2610.
- [11] 陈雨豪, 王峰, 周嘉威, 等. 螺旋藻肽对四氧嘧啶诱导的糖尿病小鼠作用研究[J]. 宁波大学学报(理工版), 2020, 33(3): 13-18.
CHEN Yuhao, WANG Feng, ZHOU Jiawei, et al. The effects of *Spirulina* peptides on alloxan-induced diabetic mice[J]. Journal of Ningbo University (Natural Science & Engineering Edition), 2020, 33(3): 13-18.
- [12] 张宏馨, 李军, 赵燕燕, 等. 富铬酵母对糖尿病小鼠血糖和微循环的影响[J]. 现代预防医学, 2007, 34(19): 3673-3674, 3679.
ZHANG Hongxin, LI Jun, ZHAO Yanyan, et al. Effect of the rich chromium yeast on the level of blood glucose and microcirculation of experimental diabetic mouse[J]. Modern Preventive Medicine, 2007, 34(19): 3673-3674, 3679.

责任编辑:王艳
收稿日期:2023-11-08