五指毛桃水提物提高免疫和改善胃肠道作用研究

吴玉兰[1]，李银桂[2,3]，张玲[3*]，王灿红[2,3*]（1.海南医科大学，海南省热带药用植物研究开发重点实验室，海南 海口 571199；2.岭南现代农业科学与技术广东省实验室茂名分中心，广东 茂名 525099；3.广东石油化工学院，广东省绿色农产品加工与智能装备重点实验室，广东 茂名 525099）

摘要：目的 探究五指毛桃水提取物提高免疫和改善胃肠道药效作用。**方法** 采用健康的雄性昆明（KM）小鼠60只，体质量18~22 g，随机分为6组，正常组、模型组、阳性（胸腺肠肽）组、受试药物低、中和高剂量组，每组10只。除正常组外，其余组腹腔注射环磷酰5-氟尿嘧啶（5-fluorouracil，5-Fu），制备小鼠免疫抑制和胃肠道功能紊乱模型。正常和模型组给予蒸馏水，阳性组和受试药物组给予相应药物处理，连续7 d。处理小鼠，计算小鼠的肠炭末推进率、计数红细胞，检测血清中炎性细胞因子和免疫蛋白水平，观察肠和脾脏组织病理损伤情况。**结果** 与模型组相比，五指毛桃水提物显著升高小鼠血浆上清中IgA、IgE、IgM、IL-2、IFN-γ水平及脾脏指数，提高小鼠肠炭末推进率和血液红细胞数目，减轻小鼠肠组织和脾脏组织的病理损伤程度，一定程度上缓解环磷酰胺联合5-Fu所致的小鼠免疫功能低下。**结论** 本研究证实，五指毛桃水提物对提高免疫和改善胃肠道蠕动有促进作用，为五指毛桃资源的开发利用提供数据参考。

关键词：五指毛桃；水取物；提高免疫；肠道蠕动

中图分类号：R285.5　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1674-229X（2026）06-0409-07

Doi：10.12048/j.issn.1674-229X.2026.06.002

Study on Enhancing Immunity and Improving Gastrointestinal Effect of the Water Extract of *Ficus hirta*

WU Yulan[1], LI Yingui[2,3], ZHANG ling[3*], WANG Canhong[2,3*] (1. *Hainan Medical University, Hainan Provincial Key Laboratory for Research and Development of Tropical Herbs, Haikou, Hainan* 571199, *China*; 2. *Maoming Branch of Guangdong Laboratory for Lingnan Modern Agriculture, Maoming, Guangdong* 525099, *China*; 3. *Guangdong Key Laboratory of Green Agricultural Products Processing and Intelligent Equipment, Guangdong University of Petrochemical Technology, Maoming, Guangdong* 525099, *China*)

ABSTRACT: OBJECTIVE To explore the pharmacological effects of water extract of *Ficus hirta* on enhancing immunity and improving gastrointestinal function. **METHODS** Sixty healthy male Kunming (KM) mice, weighing 18-22 g, were randomly divided into 6 groups: normal group, model group, positive (Thymus-intestinal peptide) group, low-, medium-, and high-dose groups of the test drug, with 10 mice in each group. Except for the normal group, the other groups were given intraperitoneal injection of cyclophosphamide combined with 5-fluorouracil to prepare mice models of immunosuppression and gastrointestinal dysfunction. The normal and model groups were given distilled water, and the positive group and the test drug groups were given the corresponding drugs for 7 consecutive days. The intestinal charcoal transit rate, blood cell count, serum inflammatory cytokines and immune protein levels of the mice were detected, and the pathological damage of intestinal and spleen tissues was observed, and pathological injury of intestinal and spleen tissues were observed. **RESULTS** Compared with the model group, the water extract of *Ficus hirta* significantly significantly increased the levels of IgA, IgE, IgM, IL-2, and IFN-γ in the plasma supernatant of mice and increased the spleen index, increased the intestinal charcoal transit rate and the number of red blood cells in the blood of mice, and alleviated the pathological injury degree of intestinal and spleen tissues of mice, and to some extent alleviated the immunosuppression induced by cyclophosphamide combined with 5-Fu in mice induced by cyclophosphamide combined with 5-Fu in mice. **CONCLUSION** This study confirmed that the water extract of *Ficus hirta* has a promoting effect on enhancing immunity and improving gastrointestinal peristalsis, and provides data reference for the development and utilization of *Ficus hirta* resources.

KEYWORDS: *Ficus hirta*; water extract; immunity enhancement; intestinal peristalsis

基金项目：国家自然科学基金（82204657）；茂名市科技计划项目（2022S032；2023S001007）

作者简介：吴玉兰，在读硕士研究生，研究方向：中药药效作用机理研究　　*共同通信作者：张玲，博士，教授，硕士生导师，研究方向：食品保鲜、食品加工技术、农业废弃物资源化利用，E-mail：mmzhl1130@126.com；王灿红，硕士，助理研究员，研究方向：中药、天然药物药效活性评价、作用机理研究及产品开发，E-mail：xinzhuangjianpo@163.com

五指毛桃的基原植物是桑科榕属植物粗叶榕（*Ficus hirta* Vahl.），是华南地区的民间传统草药[1]。在清代的《生草药性备要》中记载，五指毛桃最早被称为“五爪龙”，目前临床上也有人沿用该称呼，但在许多现代资料如《中国药典（附录）》中均称之为五指毛桃，其商品名亦称为五指毛桃[2]。清代何克谏的《生草药性备要》记载：五指毛桃味辛、甘、性平[3]，是广西常用瑶药，属于瑶药中的“风药”[4]。有研究报道显示，五指毛桃的主要化学成分是香豆素类、氨基酸类、挥发油类、糖类、甾体类、酚类、黄酮类和苯丙素等[5-9]，具有保肝、抗炎、抗氧化、抗突变、抗贫血、抗肿瘤、抑菌、化痰止咳、化湿舒筋、行气止痛、健脾益气、提高免疫、增强补益等作用[2,10-14]。

五指毛桃还是华南地区常见的食用植物，民间认为其不仅有广泛药理作用，还有潜在保健功能，在广东民间五指毛桃常被称为“广东人参”。以五指毛桃为原料的民间使用方式如五指毛桃酒、五指毛桃香鸡等，此外还开发出芪香气血通利速溶粉、五指毛桃养血扶正汤料、五指毛桃活血养颜汤料、五指毛桃冲剂、五指毛桃保健果冻等诸多产品[15-17]，可见五指毛桃具有广阔的市场前景和保健开发价值。我国南方气候偏湿热，湿气、热气容易引起生痰和上火，导致人体出现大便干结、疲倦劳累等症状，长时间得不到缓解容易诱发便秘、胃肠炎、咳嗽、免疫低下等疾病。五指毛桃具有健脾补肺，行气利湿，舒筋活络之功效，主治脾虚浮肿，食少无力，肺痨咳嗽等。但有关五指毛桃助消化和提高免疫的药效学研究尚无相关报道。

本研究采用环磷酰胺联合5-Fu诱导的小鼠免疫抑制和胃肠道功能紊乱模型[18-20]，评价五指毛桃水提物的改善胃肠道和调节免疫的药效作用，为五指毛桃药用资源利用、保健产品开发及临床使用等提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 实验动物 健康的雄性KM小鼠，体质量18~22 g，购自海南省药物研究所股份有限公司，合格证号：SCXK（琼）2014-0007，饲养于海南省药物研究所股份有限公司SPF级动物房，温度20 ℃~25 ℃，湿度50%~70%，光照周期12 h∶12 h，按体质量随机分组，每组10只，适应性喂养3 d后进行相关实验。

1.1.2 试剂和仪器 电子天平（梅特勒，YP20002），荧光倒置显微镜（Olympus，CKX41），高速冷冻型微量离心机（卢湘仪，CF1524R），酶标仪（Bio-Tek，MQX200），组织匀浆机（新芝，DY89-17），IFN-γ（北京博盛经纬科技公司，23112566），IL-6（上海源桔生物科技中心，YJ_03669），IgE（上海科艾博公司，CB10507-Mu），IgM（北京博盛经纬科技公司，23112571），IgA（北京博盛经纬科技公司，23112569），IL-2（北京博盛经纬科技公司，23112567）。

1.1.3 实验药物 环磷酰胺（源叶生物，S30563）、5-氟尿嘧啶（源叶生物，S17073）、胸腺肽肠溶片（黑龙江迪龙制药有限公司，6937385300439）。五指毛桃，购自广东茂名大参林连锁药店。

1.2 实验方法

1.2.1 五指毛桃水提物提取制备 五指毛桃：原药材购自大参林药店，产地广西（批号：20221013），经中药鉴定教研室鉴定为正品。模拟传统五指毛桃煮汤的方法，采用水煮提取方法[18]，按照药材与水比例为$m∶v=1∶10$（g∶mL），称取五指毛桃药材200 g，剪碎；加2 000 mL水浸泡2 h，用电中药煎壶加热提取1.5 h，过滤、去除滤渣，得到的水提液（按生药量计算，浓度100 g·L^{-1}），装瓶、标记，置于4 ℃保存备用。

1.2.2 动物分组及造模给药 将60只KM小鼠随机分为6组，正常组、模型组、阳性（胸腺肽）组、受试药物低、中和高剂量组，每组10只。采用环磷酰胺（100 mg·kg^{-1}）联合5-Fu（50 mg·kg^{-1}）腹腔注射给药，给药体积10 mL·kg^{-1}，连续2 d，制备小鼠免疫抑制和胃肠道功能紊乱模型。正常组和模型组动物灌胃给予相同体积的蒸馏水，阳性药组给予胸腺肽肠溶片水溶液200 mg·kg^{-1}，20 mL·kg^{-1}，受试药物低、中、高剂量组分别灌胃1、2、3次（水提物浓度100 g·L^{-1}，按灌胃体积20 mL·kg^{-1}，给药1次，相当于生药量2 g·kg^{-1}，2和3次相当于生药量4 g·kg^{-1}和6 g·kg^{-1}）[18,21-23]，每次给药间隔4 h，连续7 d。处理前1 d，禁食不禁水。

1.2.3 小鼠血浆上清液中细胞因子免疫球蛋白水平的检测 末次给药后，摘眼球取血，采取的血液在3 500 r·min^{-1} 4 ℃离心15 min，取上清液，采用ELISA酶联免疫的方法，根据试剂盒操作说明，检测小鼠

血清中免疫球蛋IgA、IgE、IgM及IL-2、IFN-γ等因子的水平。

1.2.4 肠蠕动试验 肠蠕动试验参考[24,25]，禁食不禁水12 h后，灌胃给药1次，空白组给予相同体积的蒸馏水，给药1 h后。灌胃炭末混悬液（10%阿拉伯胶和5%炭末），0.5 mL/只，20 min后。摘眼球取血，颈椎脱臼处死小鼠，迅速剖腹取肠，在桌面上平整展开，观察并记录炭末前端的位置（炭末推进的长度），测量推进的长度和小肠全长，计算炭末推进百分率。

炭末推进百分率=炭末推进肠长度（cm）/小鼠肠长度（cm）×100%

1.2.5 脾脏指数 末次给药前，称量小鼠体质量并记录。末次给药肠蠕动试验后，摘眼球取血颈椎脱臼处死小鼠后，摘取脾脏并称重记录，计算脾脏指数[25]。

脾脏指数=脾脏重量（mg）/动物体质量（g）

1.2.6 对小鼠脾脏和小肠组织进行HE染色病理切片观察 病理切片方法参考[24]，末次给药后，眼球取血，取脾脏称重，肠组织测量炭末推进率后，将取出的脾脏和肠组织置于4%多聚甲醛通用型组织固定液中固定24 h后。将固定好的组织用蒸馏水冲洗后，按以下步骤：梯度酒精脱水，浸蜡，包埋，6 μm切片，烤干，脱蜡，苏木素-伊红染色、脱水、透明、封片，然后在显微镜（200×）下观察并拍照。

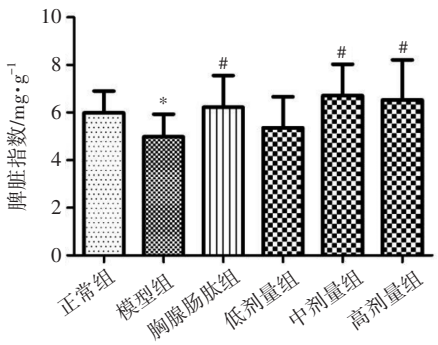
1.3 统计学处理方法

所得实验数据用均值±标准差（$\bar{x}\pm s$）表示，各组间数据运用SPSS 7.0统计软件处理。采用one-way ANVOA法进行方差分析。组间比较采用*T*-test，$P<0.05$为差异有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 五指毛桃提取物脾脏指数的影响

与正常组相比，模型组小鼠脾脏指数显著性降低（$P<0.05$）。与模型组相比，胸腺肠肽组小鼠脾脏指数显著性降低（$P<0.05$），受试药物中、高剂量组小鼠脾脏指数显著性升高（$P<0.05$，$P<0.05$），而低剂量组小鼠脾脏指数无显著变化，见图1。



注：与正常组相比，$^{*}P<0.05$；与模型组相比，$^{\#}P<0.05$。

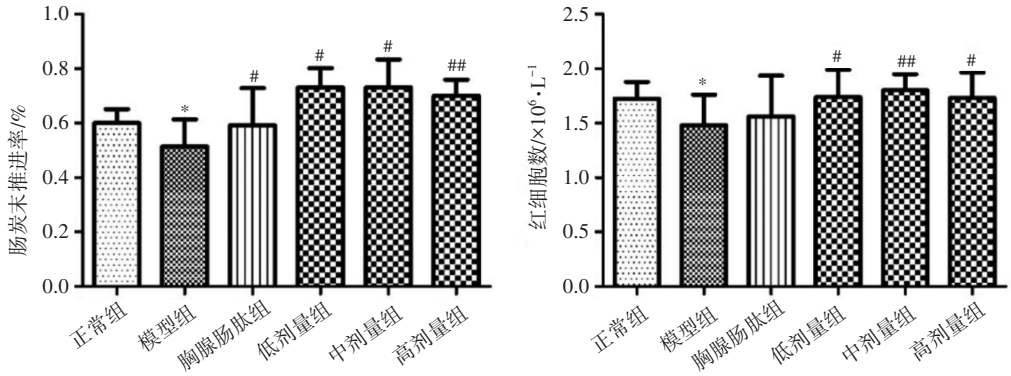
图1 五指毛桃提取物对小鼠脾脏指数的影响

2.2 五指毛桃提取物对小鼠肠炭末推进百分率和血液中红细胞数目的影响

与正常组相比，模型组中的小鼠肠炭末推进百分率和血液中红细胞数目显著性降低（$P<0.05$，$P<0.05$）。与模型组相比，胸腺肠肽组中的小鼠肠炭末推进百分率显著性升高（$P<0.05$）；而小鼠血液中红细胞数水平无明显变化。给药组低、中、高剂量组小鼠肠炭末推进百分率和血液中红细胞数水平都显著升高，见图2。

2.3 五指毛桃水取物对小鼠血清中免疫球蛋白水平的影响

与正常组相比，模型组小鼠血清中IgA、IgE、IgG、IL-2、IFN-γ水平显著降低（$P<0.05$，$P<0.01$，$P<0.001$，$P<0.05$，$P<0.05$）。与模型组相比，胸腺肠肽



注：与正常组相比，$^{*}P<0.05$；与模型组相比，$^{\#}P<0.05$；$^{\#\#}P<0.01$。

图2 五指毛桃提取物对小鼠肠炭末推进百分率和血液中红细胞数水平的影响

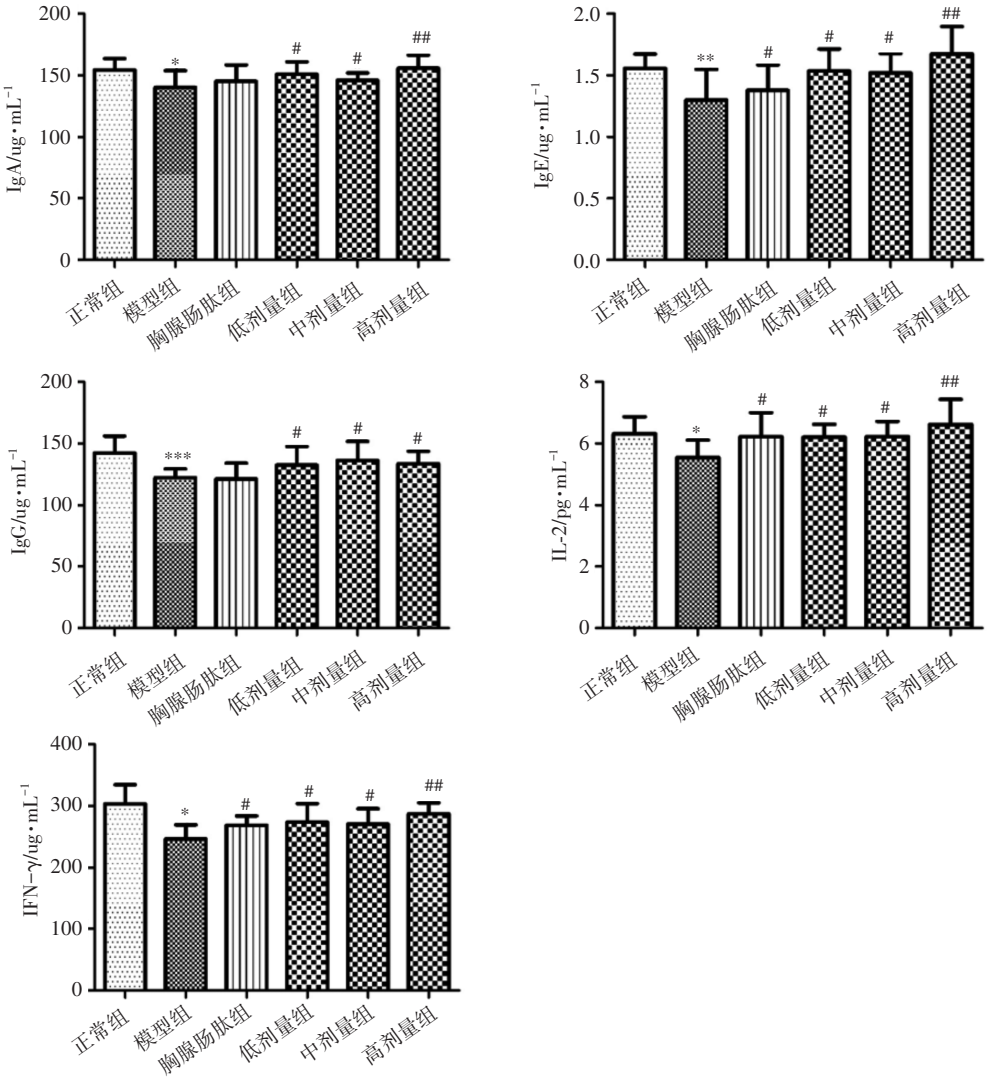
组小鼠血清中的IL-2、IFN-γ显著升高（$P<0.05$，$P<0.05$），但IgA、IgE、IgG水平无明显变化。测试药物低、中、高剂量组中小鼠血清中的IgA、IgE、IgM、IL-2、IFN-γ水平显著升高，见图3。

2.4 五指毛桃提取物对小鼠肠组织病理学的影响

小鼠肠组织病理学结果显示，正常组小鼠肠组织结构清晰、完整，各肠细胞排列整齐，大小均匀，无血管破裂、血瘀以及细胞坏死等病理学和形态学变化，也未见炎症细胞的浸润现象。模型组小鼠肠组织结构被严重破坏，血管扩张并伴有严重的出血，大面积的肠组织细胞的坏死，可明显的观测到炎症细胞的浸润。而胸腺肠肽组和五指毛桃提取物低、中、高剂量组能在不同程度上缓解小鼠肠组织的病理损伤；其中五指毛桃提取物中、高剂量组效果最好，明显的减轻小鼠肠组织细胞的破裂、坏死以及炎症细胞的浸润；胸腺肠肽组和五指毛桃提取物低剂量组效果相当，其中仍可见小鼠肠组织损伤的病理现象，肠组织细胞也有轻微出血和破裂现象，但肠组织细胞坏死和炎症细胞的浸润显著减少，见图4。可见，五指毛桃提取物可较好的减轻环磷酰胺和5-Fu所致的小鼠肠损伤。

2.5 五指毛桃提取物对小鼠脾脏组织形态学的影响

小鼠脾脏组织形态学切片结果显示，正常组小鼠脾脏组织结构完整清晰且大小均一，多为规则圆形，间质间没有炎症细胞浸润，白髓结构完整，数量多且形态较规则，红白髓分界较清楚，脾小节较大，淋巴细胞密集；模型组小鼠脾脏组织结构不完整、胞体异常增大，形态紊乱、不规则且看到脾脏组织坏死和炎症细胞浸润，白髓数量明显减少且结构不规则，淋巴细胞数量明显减少，脾小节明显缩小，红



注：与正常组相比，$^{*}P<0.05$；$^{**}P<0.01$；$^{***}P<0.001$；与模型组相比，$^{\#}P<0.05$；$^{\#\#}P<0.01$。

图3 五指毛桃水取物对小鼠血清中免疫球蛋白水平的影响

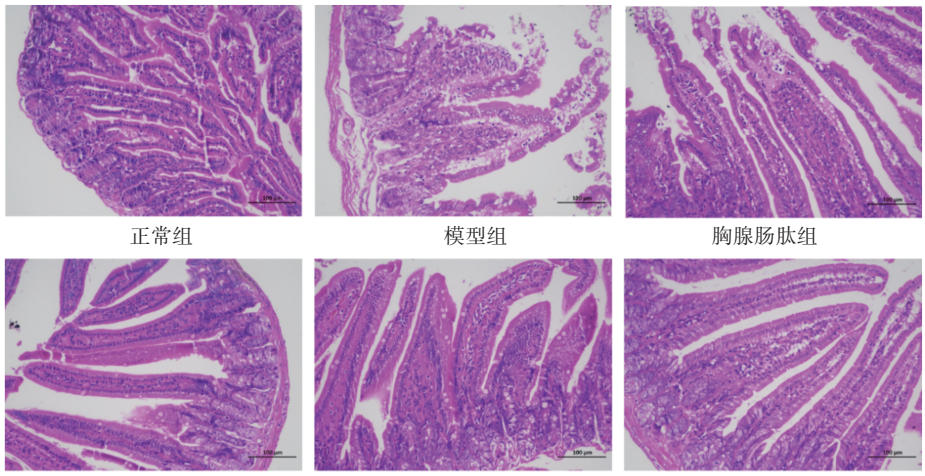


图4　五指毛桃提取物对小鼠肠组织病理学的影响

白髓移行区消失，红白髓交织在一起，白髓数量减少，部分被红髓替代；与模型组相比，胸腺肠肽组和待测药物低、中、高剂量组小鼠脾脏组织较完整，多为规则的圆形；红白髓交界明显，淋巴细胞密度较大且间隙没有炎症细胞浸润。胸腺肠肽组效果最明显，给药组高、中剂量次之，最后是低剂量组，见图5。可见，五指毛桃提取物不同剂量组也可不同程度改善环磷酰胺和5-Fu所致脾脏组织的损伤。

3　讨论

环磷酰胺和5-Fu都是抗癌药物，也是免疫抑制剂，可引起免疫功能丧失及肠道屏障损伤[24,25]。脾脏是免疫细胞生长、分化、成熟和产生免疫反应的重要免疫器官，其免疫调节作用与器官指数的增加密切相关，各器官指标在一定程度上反映了免疫器官的功能[26]。脾脏指数常用来衡量小鼠的免疫情况[27]，通过腹腔注射环磷酰胺和5-Fu可造成小鼠免疫器官缩小，且随着给药时间的延长产生免疫抑制作用。有关小鼠的选择，雄性小鼠相比雌性小鼠，性情更稳定，能够耐受疾病、药物或外界刺激的能力更强，相对更容易成模且组间个体差异较小，可操作性更高且实验数据更准确。特别在免疫抑制模型、肿瘤模型及神经系统疾病相关的模型制备中，一般建议选择雄性小鼠为研究对象。因此，本研究选用环磷酰胺和5-Fu联用致雄性KM小鼠免疫抑制合并胃肠道损伤的模型，结果发现模型小鼠脾脏指数显著降低，肠推进功能显著下降，表明模型制备成功。

脾脏为机体最大、最主要的免疫器官，含有大量的淋巴细胞和巨噬细胞，在细胞免疫和体液免疫

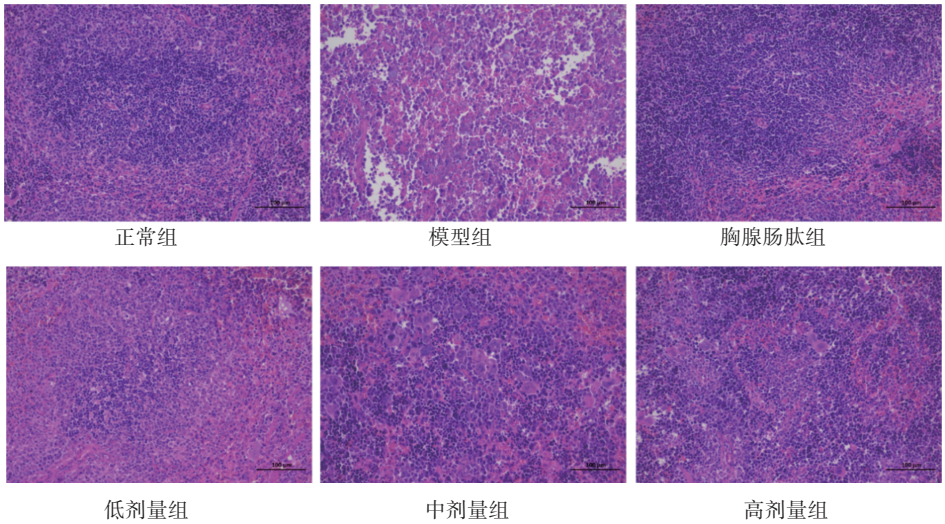


图5　五指毛桃提取物对小鼠脾脏组织形态学的影响

中发挥重要作用[28]。环磷酰胺和5-Fu诱导后，小鼠的免疫力下降，其脾囊被破坏，发生中心离散，导致淋巴细胞数量减少，红、白髓边界不清晰，脾脏病理学特征提示存在脾脏损伤的情况。本研究结果显示，给予胸腺肠肽和五指毛桃水提物后，脾脏组织细胞呈较规则的圆形，淋巴细胞密度较大，红、白髓边界清晰，表明五指毛桃提取物具有提高免疫和保护脾脏作用，能够促进中心融合的生发，改善小鼠的脾脏组织结构。

体液免疫是机体抵抗疾病的重要途径之一，Ig是机体产生免疫应答的重要部分[29,30]，IgG在脾脏和淋巴结中产生，在激活补体系统和免疫反应中的毒素方面发挥重要作用[31-33]；IgM是由次级淋巴器官中的浆细胞最早产生的，是B细胞分化过程中的主要的表面标志物，在补体激活、病毒中和、调理吞噬及凝集作用中发挥重要作用。免疫球蛋白A是免疫球蛋白家族的成员之一，当机体受刺激后，IgA诱导中性粒细胞活化，趋化、吞噬、杀伤病原体的免疫应答反应，可见免疫球蛋白在免疫反应中发挥重要作用。本研究结果显示，环磷酰胺和5-Fu联合诱导，导致小鼠的免疫球蛋白IgA/G/E水平显著降低，说明小鼠出现了免疫低下现象，而五指毛桃提取物处理可显著升高IgA、IgG和IgE水平，较好的缓解环磷酰胺联合5-Fu诱导的小鼠免疫低下现象，表明五指毛桃可很好的提高免疫功能。

细胞免疫是指T细胞在接受抗原刺激后形成的效应T细胞与靶细胞特异性结合导致靶细胞破裂死亡的免疫反应[34]，IL-2是Th1细胞合成分泌的一种细胞因子，主要由T细胞产生，具有活化T细胞，刺激NK细胞增殖，促进B细胞增殖和抗体分泌的作用，从而产生免疫调节功能[35,36]；Th1细胞以大量分泌IFN-γ为主要特征，并且诱导Th1细胞分化，增加巨噬细胞的活性，主要表现为在抗原刺激下，大颗粒淋巴细胞和T细胞由相对应的已活化的T淋巴细胞、巨噬细胞及白细胞分泌，自然杀伤细胞及T细胞的活性及细胞毒性增强，进而增加了巨噬细胞清除入侵物质[37]；广泛刺激天然免疫细胞和获得性免疫细胞的活化和增殖[38]。红细胞免疫是机体的一种防御机制，红细胞表面存在的补体受体可黏附免疫复合物，是体内携带、运输、清除循环中免疫复合物的承担者，并与T淋巴细胞、B淋巴细胞、自然杀伤细胞活性有关。本研究数据显示，模型小鼠的T淋巴细胞、B淋巴细胞和红细胞的功能受损，表现为IL-2、IFN-γ分泌水平和红细胞数目明显的下降，说明模型小鼠的免疫功能明显被抑制。给予五指毛桃提取物处理后，能显著提高IL-2、IFN-γ和红细胞免疫水平，较好的缓解环磷酰胺联合5-Fu诱导的小鼠免疫功能低下现象。

随着现代人生活、工作等压力不断加剧，越来越多的人出现免疫力低下、消化不良、便秘等一系列症状，影响正常工作生活。肠道屏障的保护作用及蠕动功能对调节机体正常代谢起到至关重要的作用，其结构受损或功能紊乱会导致严重的病理后果，而饮食成分是影响肠道功能的重要因素[39]。本研究采用经典药物诱导小鼠免疫低下联合肠道功能损伤模型，评价五指毛桃水提物的调节免疫和改善胃肠道蠕动的功效。研究结果显示，五指毛桃提取物能改善环磷酰胺联合5-Fu诱导的小鼠胃肠道损伤，显著促进小鼠肠道蠕动，呈现较好的促进胃肠道蠕动作用。基于已有化学成分研究，笔者推测五指毛桃水溶性多糖、黄酮等成分可能是其发挥作用的主要药效成分，有关五指毛桃水提物成分分析的文献[2,3,9-10]。

4 结论

综上所述，五指毛桃水提物能够提高免疫抑制小鼠的免疫器官指数、细胞因子水平，促进肠道蠕动；还可以缓解环磷酰胺诱导联合5-Fu诱导的小鼠免疫抑制和肠道屏障损伤，表明五指毛桃水提物具有良好的免疫提高能力和肠道蠕动促进作用，但具体作用机制有待进一步研究阐释。本研究为五指毛桃资源的药用、保健等相关产品的开发利用及临床用于治疗胃肠道疾病及免疫疾病等提供了参考依据和科学支撑。

参考文献

[1] 钟小清，徐鸿华. 五指毛桃的品种考证[J]. 中药材，2000，23(6)：361-362.

[2] 叶亚娜，燕青，李文秀，等. 五指毛桃化学成分、提取工艺和药理作用研究进展[J]. 药学研究，2024，43(10)：1001-1007.

[3] 周劲松. 从《生草药性备要》看岭南药用植物资源与特色[J]. 中药材，2016，39(2)：434-437.

[4] 罗宇东，蒋林. 瑶药五指毛桃的质量控制、生产工艺及药理作用研究进展[J]. 中国当代医药，2014，21(32)：193-196.

[5] 江滨，刘占强，曾元儿，等. 五指毛桃化学成分研究[J]. 中草药，2005，36(8)：1141-1142.

[6] 钟兆健，宋粉云，李书渊，等. 五指毛桃质量标准的研究[J]. 中国实验方剂学杂志，2005，11(5)：12-14.

[7] 刘文啟，严华，李韦，等. 五指毛桃生药学研究[J]. 中草药，2014，

45(7):1011-1015.
[8] 陈勇,甄汉深,陈美燕.五指毛桃中补骨脂素的含量测定[J].中药材,2002,25(4):265-266.
[9] 赵帅,郝二伟,杜正彩,等.瑶药五指毛桃的化学成分、药理作用研究进展及质量标志物预测分析[J].世界科学技术-中医药现代化,2020,22(5):1506-1516.
[10] 黄溥玮,卢健棋,林浩,等.中药五指毛桃的化学成分、药理作用及临床应用研究进展[J].辽宁中医药大学学报,2020,22(12):93-96.
[11] 刘春玲,徐鸿华,许小峰,等.高效液相色谱法测定五指毛桃中补骨脂素的含量[J].中药材,2004,27(8):582-583.
[12] 程俊.五指毛桃活性成分研究[D].广州:广东药科大学,2017.
[13] 张艳艳,孙丽丽,潘绵立,等.益神颗粒对环磷酰胺免疫抑制小鼠免疫功能及肠道菌群的影响[J].中成药,2023,45(2):603-608.
[14] 葛建军,内田孝之,张启伟,等.5-氟尿嘧啶诱导人淋巴细胞免疫耐受的作用观察[J].中华微生物学和免疫学杂志,1999,19(2):142-143.
[15] 包绍模,包淑燕,余晶,等.一种含五指毛桃汤料的制备方法:CN115777896A[P].2023-03-14.
[16] 陈楚镇.一种五指毛桃粉及其制备方法:CN100441109C[P].2008-12-10.
[17] 黄易娜,衷明华,张明辉.五指毛桃保健果冻的研制[J].食品科技,2009,34(1):66-68.
[18] 杨杰,卫东锋,王文潇,等.五指毛桃水提物对免疫抑制小鼠细胞免疫的影响[J].中药药理与临床,2015,31(6):111-114.
[19] 杜汉廷,林松毅,李冬梅,等.基于BALB/c小鼠模型的松茸低温水提物的免疫调节作用[J].中国食品学报,2023,23(9):67-78.
[20] Liu J,Chen X,Yue C J,*et al*.Effect of selenylation modification on immune-enhancing activity of *Atractylodes macrocephala* polysaccharide[J].Int J Biol Macromol,2015,72:1435-1440.
[21] 罗骞,席萍,廖雪珍,等.五指毛桃水煎液的药理安全性实验研究[J].今日药学,2009,19(2):12-13.
[22] 罗骞,席萍,廖雪珍,等.五指毛桃水煎液对大黄型脾虚小鼠胃肠运动功能的实验研究[J].今日药学,2012,22(7):398-399.
[23] 杨敏,夏荃.五指毛桃水提液对脾虚模型大鼠胃肠功能的影响[J].医药导报,2012,31(10):1264-1267.
[24] Wang C H,Yang S X,Gao L,*et al*.Carboxymethyl pachyman (CMP) reduces intestinal mucositis and regulates the intestinal microflora in 5-fluorouracil-treated CT26 tumour-bearing mice[J].Food Funct,2018,9(5):2695-2704.
[25] 王灿红,彭德乾,吴玉兰,等.通体结香技术产沉香醇提物增强免疫作用研究[J].时珍国医国药,2020,31(5):1073-1075.
[26] Emadi A,Jones R J,Brodsky R A.Cyclophosphamide and cancer:golden anniversary[J].Nat Rev Clin Oncol,2009,6(11):638-647.
[27] Xiong L,Ouyang K H,Chen H,*et al*.Immunomodulatory effect of *Cyclocarya paliurus* polysaccharide in cyclophosphamide induced immunocompromised mice[J].Bioact Carbohydr Diet Fibre,2020,24:100224.
[28] 刘恭植.脾脏的免疫功能[J].实用外科杂志,1986,6(8):437-438.
[29] Matucci A,Maggi E,Vultaggio A.Mechanisms of action of Ig preparations:immunomodulatory and anti-inflammatory effects[J].Front Immunol,2015,5:690.
[30] Bruzeau C,Cook-Moreau J,Pinaud E,*et al*.Contribution of immunoglobulin enhancers to B cell nuclear organization[J].Front Immunol,2022,13:877930.
[31] Feng X Y,Yang X Q,Xiu B S,*et al*.IgG,IgM and IgA antibodies against the novel polyprotein in active tuberculosis[J].BMC Infect Dis,2014,14(1):336.
[32] 张玲,董婧媛,陈永德,等.海参废渣皂苷通过核苷酸结合寡聚化结构域样受体信号通路抵抗环磷酰胺诱导小鼠的免疫抑制[J].食品科学,2022,43(21):191-202.
[33] 吴靖娜,潘南,陈晓婷,等.红毛藻多糖对环磷酰胺诱导的免疫抑制小鼠的免疫调节机理[J].食品科学,2022,43(19):174-183.
[34] 莫娟梅,甘芷川,张顺荣,等.扶正方对Lewis肺癌小鼠免疫功能、PI3K/AKT信号通路和外周血IL-2、IL-6、INF-γ的影响[J].现代生物医学进展,2021,21(23):4422-4426.
[35] 刘炜,易鑫,李江,等.清解益肺汤及胶囊对lewis肺癌小鼠血清IL-2、INF-γ含量的影响[J].贵州医药,2016,40(2):153-155.
[36] 章志华.细胞因子INF-γ、IL-2、IL-4、IL-5、IL-10与结核性胸膜炎相关性的研究[D].石家庄:河北医科大学,2015.
[37] 陈革,徐宏仙,许浪萍,等.HPV感染宫颈病变患者Th17细胞、IL-2、IL-10、E2F-1蛋白水平及其临床意义[J].中华医院感染学杂志,2020,30(15):2357-2361.
[38] Chen X L,Cai B Y,Wang J,*et al*.Mulberry leaf-derived polysaccharide modulates the immune response and gut microbiota composition in immunosuppressed mice[J].J Funct Foods,2021,83:104545.
[39] 李娇娇.异黄酮调节肠道屏障功能与蠕动功能的作用机制[D].南昌:南昌大学,2021.

(收稿日期:2025-10-22;在线出版日期:2026-05-09)