

鹅掌楸苷对小鼠慢性放射性直肠炎保护作用及其机制的研究

黄 灏^{1,2}, 张焰凌², 贾贵清², 赵高平^{1,2}

1. 西南医科大学附属医院, 四川 泸州 646000; 2. 四川省医学科学院·四川省人民医院(电子科技大学附属医院)胃肠外科, 四川 成都 610072

【摘要】 目的 探究鹅掌楸苷对慢性放射性直肠炎的保护作用及其可能机制。**方法** 将 32 只雌性 C57/BL 小鼠按照随机原则分为空白对照组、模型组、鹅掌楸苷灌胃组以及鹅掌楸苷灌肠组四组, 每组 8 只小鼠。采用 10 Gy X 射线单次局部辐照小鼠盆腔区域建立慢性放射性直肠炎模型, 鹅掌楸苷灌胃组和鹅掌楸苷灌肠组分别予以 100 mg/kg 鹅掌楸苷灌胃或灌肠, 模型组与空白对照组予以等体积生理盐水灌胃, 每周 1 次, 持续 8 周。观察各组小鼠体重与排便情况, 评估小鼠生存情况并评分, 绘制生存曲线; HE 染色观察小鼠肠组织病理学变化并统计病理评分; ELISA 检测小鼠血清中促炎因子肿瘤坏死因子- α (TNF- α)、干扰素- γ (IFN- γ), 抑炎因子白细胞介素-10 (IL-10)、转化生长因子- β 1 (TGF- β 1) 水平。**结果** 鹅掌楸苷灌胃组和灌肠组小鼠生存率均高于模型组 ($P < 0.05$), 其中, 鹅掌楸苷灌胃组与灌肠组小鼠体重与排便情况均优于模型组 ($P < 0.05$); 与模型组相比, 鹅掌楸苷灌胃组和灌肠组小鼠血清中促炎因子 IFN- γ 、TNF- α 水平明显降低, 抑炎因子 TGF- β 1、IL-10 水平明显升高 ($P < 0.05$)。**结论** 鹅掌楸苷能有效改善小鼠慢性放射性直肠炎的炎症反应、保护直肠组织, 提高慢性放射性直肠炎小鼠生存率, 改善小鼠辐照后生存情况, 其作用机制可能与鹅掌楸苷调控炎症相关细胞因子的释放有关。

【关键词】 慢性放射性直肠炎; 鹅掌楸苷; 细胞因子

【中图分类号】 R817.1

【文献标志码】 A

【文章编号】 1672-6170(2025)02-0052-05

Study on the protective effect of liriodendrin on chronic radiation proctitis in mice and its mechanism HUANG Hao^{1,2}, ZHANG Yan-ling², JIA Gui-qing², ZHAO Gao-ping^{1,2} 1. *The Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou 646000, China*; 2. *Department of Gastrointestinal Surgery, Sichuan Academy of Medical Sciences & Sichuan Provincial People's Hospital (Affiliated Hospital of University of Electronic Science and Technology of China), Chengdu 610072, China*

【Corresponding author】 ZHAO Gao-ping

【Abstract】 Objective To explore the protect effect of liriodendrin on chronic radiation proctitis and its possible mechanism. **Methods** Thirty-two female C57/BL mice were randomly divided into a blank control group, a model group, a liriodendrin gavage group and a liriodendrin enema group, 8 in each group. Expect the blank control group, the other groups were subjected to a single local irradiation of 10 Gy X-rays in the pelvic area of mice to establish a mouse model of chronic radiation enteritis. The liriodendrin gavage group was given 100 mg/kg liriodendrin. The liriodendrin enema group was given 100 mg/kg liriodendrin. The model group and the blank control group were given the same amount of normal saline via gavage once a week for 8 weeks. The weight and defecation of mice in each group were observed. The survive status of mice was evaluated and scored. The survival curve was drawn. The pathological changes in intestinal tissue were observed by using HE staining, and the pathological score was calculated. The levels of pro-inflammatory factors such as TNF- α , IFN- γ and anti-inflammatory cytokines such as IL-10 and TGF- β 1 in the serum of mice were detected by using ELISA method. **Results** The survival rate of mice in the liriodendrin gavage group and enema group was higher than that in the model group. Additionally, the body weight and defecation of mice in the liriodendrin gavage group and enema group were better than those in the model group ($P < 0.05$). Compared with the model group, the levels of pro-inflammatory factors IFN- γ and TNF- α in the intestinal tissue of mice in the liriodendrin gavage group and enema group were significantly decreased, while the levels of anti-inflammatory factors TGF- β and IL-10 were significantly increased ($P < 0.05$). **Conclusions** Liriodendrin can effectively inhibit the inflammatory response of chronic radiation proctitis in mice and protect rectal tissue. It can improve the survival rate of mice with chronic radiation proctitis and improve the survival of mice after irradiation. The mechanism may be related to the regulation of the release of inflammation-related cytokines by liriodendrin.

【Key words】 Chronic radiation proctitis; Liriodendrin; Cytokines

慢性放射性直肠炎是一种由于放射治疗导致的慢性炎症性疾病^[1], 其特征性病理学改变是闭塞性小动脉炎和肠壁纤维化, 使得肠壁黏膜水肿脆弱, 愈合能力差^[2]。慢性放射性直肠炎主要临床表

现为腹痛、腹泻、肠功能紊乱、黏液脓血便、鲜血便, 病变严重时会导致肠腔狭窄、脓肿形成, 从而影响患者营养摄入, 部分患者晚期会出现肠梗阻甚至肠穿孔, 威胁患者健康和生命^[3,4]。由于缺乏有效的预防及治疗措施, 慢性放射性直肠炎的临床疗效较差^[5]。如何有效改善其临床症状、提升放疗后生活质量, 并减少放疗相关并发症的发生, 同时达到放疗理想的治疗效果, 一直是临床实践和研究中备受

【基金项目】 四川省科技厅重点研发项目子课题 (编号: 2022YFS0157)

【通讯作者】 赵高平

关注的重要议题。

鹅掌楸苷是中药大血藤的主要提取物^[6],大血藤的功效主要包括清热解毒、活血止痛、祛风通络等。它能够治疗如风湿痹痛、肠痈腹痛、经闭痛经、跌扑肿痛等多种疾病。在药理作用方面,大血藤具有降压、扩张冠状动脉、减轻心肌缺血、提高耐缺氧能力、改善心肌梗死所致心肌乳酸代谢紊乱等作用^[7~9]。此外,大血藤还具有抗炎、抗氧化、抗菌、抗肿瘤等作用,广泛用于治疗炎症性疾病^[10,11]。据研究,鹅掌楸苷具有抗氧化作用,可以抑制自由基的形成,清除机体内的活性氧,有效抵抗自由基的侵害,保护细胞免受自由基的伤害^[9~11],是治疗慢性放射性直肠炎的潜在药物。本研究旨在探讨鹅掌楸苷对小鼠慢性放射性直肠炎的保护作用及可能机制,以期慢性放射性直肠炎的治疗提供新的选择,也为鹅掌楸苷治疗慢性放射性直肠炎的机制研究提供参考。

1 资料与方法

1.1 实验动物 健康雌性 C57/BL 小鼠 32 只,体重 18~20 g,由成都达硕生物有限公司提供,采用随机数字表法将小鼠分为空白对照组、模型组、鹅掌楸苷灌胃组与鹅掌楸苷灌肠组,每组 8 只。实验动物造模于 2023 年 2 月在四川大学华西生物治疗国家重点实验室进行。给药及动物实验于 2023 年 4~8 月在四川省医学科学院·四川省人民医院实验动物研究所进行。实验过程符合国家有关实验动物的管理规定。

1.2 主要试剂及仪器 鹅掌楸苷(批号 23122000 000016281475)购自天津市急腹症研究所药理室;苏木素-伊红染液(货号 G1004)购自武汉塞维尔生物科技有限公司;酶联免疫吸附测定 ELISA 试剂盒购自杭州联科生物技术有限公司;人尿粪隐血测试盒购自南京建成生物工程研究所。自动脱水机(JT-12S)购自武汉俊杰电子有限公司;组织包埋机(BMJ-A)购自常州郊区中威电子仪器厂;流式细胞分析仪(cytoflex)购自美国 Beckman 公司。

1.3 慢性放射性直肠炎小鼠模型建立 辐照使用四川大学华西生物治疗国家重点实验室 RS2000 辐照仪,辐射剂量及辐照率(10 Gy,1.32 Gy/min)。参考相关文献,本实验使用单次局部照射的方法,辐照时暴露小鼠盆腔区域,对各组小鼠给予盆腔单次局部照射,构建辐照模型小鼠。将辐照后小鼠分为模型组、鹅掌楸苷灌胃组与鹅掌楸苷灌肠组,鹅掌楸苷灌胃组与灌肠组分别给予鹅掌楸苷灌胃及灌肠,给药剂量 100 mg/kg,空白对照组与模型组小鼠给予等量生理盐水灌胃,每周给药 1 次,连续给药

8 周。8 周后取小鼠心脏血,离心后得到血清,处死并解剖小鼠,留取肛门上方约 2 cm 的直肠组织,沿肠系膜纵轴剪开,切割成两个等长的样本,其中一份使用 4% 多聚甲醛溶液固定 24 h 后常温保存,另一份样本装入 EP 管中-80℃ 冰箱冻存。

1.4 小鼠生存情况、排便情况及疾病活动评分 按小鼠临床评分量表^[12],观察并记录给药期间各组小鼠的体重、姿态、活动度、毛发卷曲、皮肤完整度及排便情况,每周对小鼠进行评分,记录各组小鼠死亡时间并计算生存率,绘制各组小鼠生存曲线。运用粪便隐血试剂盒分别于辐照后第 1、4、8 周检测各组小鼠大便隐血情况,若试纸在 3 分钟内未显现出蓝绿色,为阴性,评分为 0 分;在 30~60 秒内显现蓝色,为弱阳性,评分为 1 分;试纸立即显现蓝绿色,为阳性,评分为 2 分;样本中肉眼可见血便,或试纸立即显现深蓝色时,为强阳性,评分为 3 分。

1.5 HE 染色观察肠组织病理变化 取肛门近端约 1 cm 直肠组织,用 4% 多聚甲醛溶液固定 24 h,使用苏木精-伊红染色剂进行 HE 染色,使用数字切片扫描仪采集图像,观察各组小鼠肠组织病理变化,按直肠放射性病理损伤半定量评分表^[13]对各组小鼠进行病理评分。

1.6 ELISA 法检测各组小鼠血清中细胞因子含量 采集小鼠全血样本,以 3000 rpm 离心 10 min 分离出血清,使用 ELISA 试剂盒检测细胞因子肿瘤坏死因子- α (TNF- α)、干扰素- γ (IFN- γ)、白细胞介素-10(IL-10)、转化生长因子 β 1(TGF- β 1)含量。

1.7 统计学方法 使用 GraphPad Prism 8.0 软件绘图,SPSS 17.0 软件对数据进行统计分析。符合正态性及方差齐性的计量资料以均数 $\pm$ 标准差表示,多组间比较采用方差分析。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 各组小鼠生存情况、疾病活动评分及排便情况 空白对照组小鼠未出现死亡情况,其余各组小鼠辐照后均出现不同程度的死亡,模型组小鼠生存率均低于鹅掌楸苷灌胃组和灌肠组,其中鹅掌楸苷灌胃组小鼠生存率明显优于模型组小鼠,差异有统计学意义($P<0.05$)(见图 1)。辐照后第 1 周,模型组小鼠出现明显体重下降,而药物灌胃组及灌肠组体重下降不明显(见表 1)。各组小鼠辐照后均出现不同程度的稀便和血便,模型组小鼠粪便隐血强阳性,盆腔辐照一天后即出现黏液血便,鹅掌楸苷灌胃组小鼠粪便隐血情况明显优于模型组小鼠($P<0.05$),辐照后第 4、8 周,鹅掌楸苷灌胃组与灌肠组粪便隐血情况均优于模型组($P<0.05$)(见表 2)。按小鼠

临床评分量表每周对小鼠进行临床疾病活动评分^[12],评分结果得出鹅掌楸苷给药后可以明显改善小鼠临床症状(见表3)。

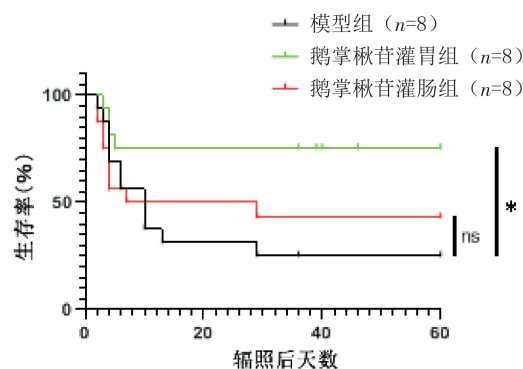


图1 辐照后小鼠生存曲线 与模型组相比,* $P<0.05$

2.2 各组小鼠肠组织病理变化 HE 染色结果如图2所示,模型组可见局部区域黏膜上皮细胞脱落、黏膜层变性坏死,形成溃疡灶,坏死区域内肠腺结构缺失或变性坏死,且坏死区域内伴有大量炎性细胞浸润,伴有部分纤维组织增生;鹅掌楸苷灌胃组及灌肠组直肠组织黏膜层、黏膜下层、肌层及浆膜层结构完整,未见明显变性、坏死或脱落;固有层内大腺排列较为密集,杯状细胞数量正常,黏膜下层薄层结缔组织内含丰富的血管;浆膜层结构较完整,其他未见明显病理改变。按直肠放射性病理损伤半定量评分表对各组小鼠进行病理评分^[13],结果如图3示,与模型组相比,鹅掌楸苷灌胃及灌肠组均可减轻小鼠直肠组织病理损伤($P<0.05$)。

表1 各组小鼠体重变化情况比较 (g)

组别	空白对照组	模型组	鹅掌楸苷灌肠组	鹅掌楸苷灌胃组
辐照前	17.90±0.56	17.55±0.62	18.19±0.48	18.21±0.58
第一周	18.44±0.45 ^{△△△}	16.29±0.33	17.70±0.51 ^{△△△}	17.83±0.40 ^{△△△}
第二周	18.69±0.49 ^{△△△}	16.99±0.84	18.05±0.72 ^{△△}	18.38±0.46 ^{△△△}
第三周	18.89±0.58 ^{△△△}	17.30±0.71	18.28±0.72 ^{△△}	18.65±0.54 ^{△△△}
第四周	19.20±0.75 ^{△△}	18.14±0.64	18.65±0.57	18.90±0.54 [△]
第五周	19.63±0.56 ^{△△△}	18.31±0.58	18.88±0.55	19.30±0.48 ^{△△}
第六周	19.96±0.52 ^{△△△}	18.59±0.58	19.11±0.59	19.49±0.47 [△]
第七周	20.20±0.60 ^{△△△}	18.80±0.54	19.33±0.62	19.73±0.51 ^{△△}
第八周	20.65±0.50 ^{△△△}	18.99±0.51	19.53±0.63	20.00±0.59 ^{△△}

与模型组相比,△ $P<0.05$,△△ $P<0.01$,△△△ $P<0.001$

表2 各组小鼠粪便隐血评分情况 (分)

组别	第一周	第四周	第八周
空白对照组	0.25±0.46 ^{△△△}	0.25±0.71 ^{△△△}	0.13±0.35 ^{△△△}
模型组	2.25±0.46	1.75±0.46	1.75±0.71
鹅掌楸苷灌肠组	2.0±0.53	0.75±0.71 ^{△△}	0.25±0.46 ^{△△}
鹅掌楸苷灌胃组	1.25±0.46 ^{△△}	0.375±0.52 ^{△△}	0.25±0.46 ^{△△}

与模型组相比,△ $P<0.05$,△△ $P<0.01$,△△△ $P<0.001$

表3 各组小鼠临床疾病活动评分情况 (分)

组别	第一周	第四周	第八周
空白对照组	0.13±0.35 ^{△△△}	0.50±0.53 ^{△△△}	0.38±0.52 ^{△△△}
模型组	6.25±0.46	5.13±0.83	4.0±0.76
鹅掌楸苷灌肠组	3.88±0.35 ^{△△}	3.5±0.93 ^{△△}	1.88±0.64 ^{△△}
鹅掌楸苷灌胃组	4.75±0.71 ^{△△}	4.38±0.74	2.38±0.74 ^{△△}

与模型组相比,△ $P<0.05$,△△ $P<0.01$,△△△ $P<0.001$

2.3 各组小鼠血清细胞因子 TNF-α、IFN-γ、IL-10、TGF-β1 含量比较 通过对小鼠血清 ELISA 检测结果得出,与模型组比较,鹅掌楸苷灌胃组与灌

肠组小鼠直肠组织促炎因子 TNF-α、IFN-γ 水平明显降低($P<0.05$),抑炎因子 IL-10、TGF-β1 水平明显升高($P<0.05$)。见表4。

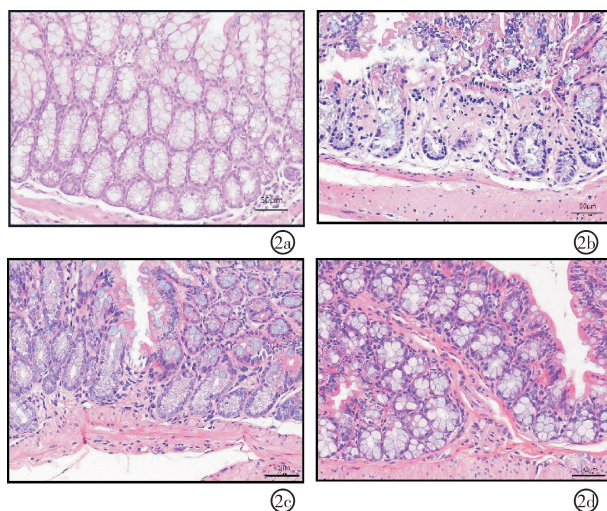


图2 小鼠直肠组织 HE 染色图 a:空白对照组;b:模型组;c: 药物灌肠组;d:药物灌胃组

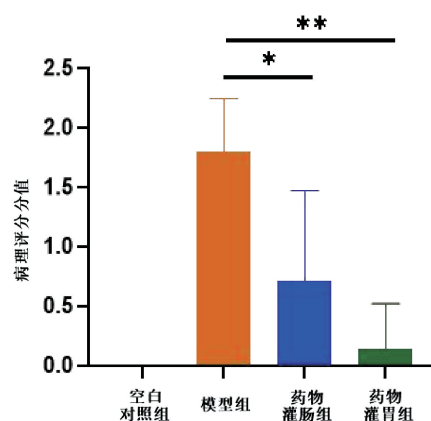


图3 直肠组织病理损伤组织学评分 与模型组相比, * $P<0.05$, ** $P<0.01$, $n=8$

表4 各组小鼠肠组织细胞因子 TNF- α 、IFN- γ 、IL-10、TGF- β 1 水平比较

组别	TNF- α (pg/ml)	IFN- γ (pg/ml)	IL-10 (pg/ml)	TGF- β 1 (ng/ml)
模型组	549.68 $\pm$ 57.46	679.95 $\pm$ 127.93	209.68 $\pm$ 7.89	34.53 $\pm$ 8.88
鹅掌楸苷灌肠组	361.56 $\pm$ 53.45 Δ	451.55 $\pm$ 85.91 Δ	279.63 $\pm$ 95.45 Δ	93.48 $\pm$ 38.72 Δ
鹅掌楸苷灌胃组	258.65 $\pm$ 48.33 Δ	217.42 $\pm$ 43.85 Δ	544.70 $\pm$ 44.54 Δ	157.23 $\pm$ 32.85 Δ

Δ 与模型组比较, $P<0.01$

3 讨论

寻找有效且副作用小的中药单体成分来治疗慢性放射性直肠炎是值得研究的方向。中药大血藤在肠痈、肠炎的治疗中应用广泛且有效,鹅掌楸苷为中药大血藤主要提取物,其在抗炎、抗氧化及抗肿瘤方面效果明确。本研究证实了鹅掌楸苷能够有效改善小鼠慢性放射性直肠炎的临床症状,并通过抑制炎症因子的生成来治疗慢性放射性直肠炎,是治疗放射性肠道损伤的潜在药物,为慢性放射性直肠炎的药物研究提供了新的方向。

本课题通过对小鼠盆腔进行局部辐照的方法建立慢性放射性直肠炎小鼠模型,使用铅块屏蔽身体的其余部分,与部分研究中描述的全腹部照射模型相比,本研究模型更加符合临床实践中使用的放射治疗的形式^[14,15]。本研究对辐照及给药后小鼠的生存情况进行持续观察,结果显示,模型组小鼠出现体重下降、活动度及进食量下降、血便等表现,严重者可导致死亡,而鹅掌楸苷给药后小鼠上述症状得到明显缓解,生存率明显高于模型组,通过临床评分量表对各组小鼠生存情况进行评分后得出,与模型组相比,鹅掌楸苷灌胃组及灌肠组小鼠辐照后的生存情况得到明显改善。此外,HE染色发现,辐照后小鼠的肠黏膜层变性坏死,形成溃疡灶,坏死区域内肠腺结构缺失,并伴有炎性细胞及成纤维细胞浸润,肠道病理损伤明显,而给药后小鼠直肠

组织病理损伤明显减轻。以上结果表明鹅掌楸苷可以改善小鼠慢性放射性直肠炎的临床症状,减轻辐照引起的肠道病理损伤,对小鼠慢性放射性直肠炎有保护作用。

在慢性放射性直肠炎中,电离辐射可以导致机体产生大量氧自由基,氧自由基可以通过直接攻击或氧化作用对DNA和蛋白质等生物大分子造成损伤,导致炎性细胞因子大量释放,最终导致肠组织受损^[16,17]。ELISA发现鹅掌楸苷可以减少辐照后小鼠血清中促炎因子IFN- γ 、TNF- α 生成,增加抑炎因子TGF- β 1、IL-10的分泌,恢复促炎因子与抑炎因子平衡。以上结果表明,鹅掌楸苷能有效改善小鼠慢性放射性直肠炎的炎症反应,改善辐照后的相关临床表现,提高其生存率,其作用机制可能与鹅掌楸苷减轻炎症因子的释放有关,表明鹅掌楸苷对于慢性放射性直肠炎具有潜在治疗效果,具有进一步研究价值。

【参考文献】

- [1] FanJJ, Lin BW, Fan M, et al. Research progress on the mechanism of radiation enteritis[J]. Front Oncol, 2022, 12: 888962.
- [2] Akbarali HI, Muchhala KH, Jessup DK, et al. Chemotherapy induced gastrointestinal toxicities[J]. Adv Cancer Res, 2022, 155: 131-166.
- [3] Mc Caughan H, Boyle S, McGoran JJ. Update on the management of the gastrointestinal effects of radiation[J]. World J Gastrointest Oncol, 2021, 13: 400-408.
- [4] Shadad AK, Sullivan FJ, Martin JD, et al. Gastrointestinal radiation

经会阴二、三维超声检查盆底功能障碍性疾病患者 肛提肌裂孔形态分析

雷 敏, 刘 毓, 胡青青, 郑 静

四川省甘孜藏族自治州人民医院超声科, 四川 甘孜 626000

【摘要】 目的 探究经会阴二、三维超声检查盆底功能障碍性疾病(pelvic floor dysfunction, PFD)患者肛提肌裂孔形态。**方法** 回顾性分析 2020 年 4 月至 2023 年 7 月我院 182 例 PFD 患者(观察组)和 170 例健康女性(对照组)。比较两组二维、三维超声静息及 Valsalva 动作下肛提肌裂孔平面测量参数,统计相关变化量与功能,分析单一及联合检测的诊断效能。**结果** 观察组盆底前后径(APR)、盆底左右径(LRR)、肛提肌面积(AR)、盆底前后径体积(APV)、盆底左右径体积(LRV)、肛提肌体积(AV)值高于对照组($P<0.05$);观察组静息状态及 Valsalva 动作体积均大于对照组,而形态对称占比低于对照组($P<0.05$)。观察组前后径增加百分比(PIap%)、前后径变化量(ΔAP)、面积变化量(ΔA)、面积增加百分比(PIa%)值均高于对照组($P<0.05$);观察组体积变化量(ΔV)高于对照组,均匀变化值低于对照组($P<0.05$)。联合检测灵敏度 91.02%、特异度 89.37%, AUC 为 0.792,优于单一检测($P<0.05$)。**结论** 经会阴二维与三维超声联合检测对评估 PFD 患者肛提肌裂孔形态变化价值大,能清晰显示盆底结构,为临床诊断提供准确依据,提升诊治水平。

【关键词】 会阴二维超声;联合;三维超声;盆底功能障碍性疾病;肛提肌裂孔形态

【中图分类号】 R445.1

【文献标志码】 A

【文章编号】 1672-6170(2025)02-0056-05

Transperineal two- and three-dimensional ultrasound examination of morphology of levator ani hiatus in patients with pelvic floor dysfunction diseases LEI Min, LIU Yu, HU Qing-qing, ZHENG Jing *Department of Ultrasound, Garze Tibetan Autonomous Prefecture People's Hospital, Garze 626000, China*

【Abstract】 Objective To examine the morphology of levator ani hiatus in patients with pelvic floor dysfunction diseases (PFD) through dynamic perineal ultrasonography combined with three-dimensional ultrasonography. **Methods** A retrospective analysis was performed on 182 patients with PFD (observation group) and 170 healthy women (control group) in our hospital from April 2020 to July 2023. The plane measurement parameters of levator hiatus under two-dimensional and three-dimensional ultrasound resting and Valsalva action were compared between the two groups. The related changes and functions were counted. The diagnostic efficacy of single and combined detection was analyzed. **Results** The values of pelvic floor anteroposterior diameter (APR), pelvic floor left and right diameter (LRR), levator ani muscle area (AR), pelvic floor anteroposterior diameter volume (APV), pelvic floor left and right diameter volume (LRV) and levator ani muscle volume (AV) in the observation group were higher than those in the control group ($P<0.05$). The resting state and Valsalva action volume were larger while the proportion of morphological symmetry of the observation

- injury: prevention and treatment[J]. World J Gastroenterol, 2013, 19: 199-208.
- [5] Beenish S. Radiation Enteritis[M]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2023.
- [6] Li DH, Wang Y, Lv YS, et al. Preparative Purification of Liriodendrin from Sargentodoxa cuneata by Macroporous Resin[J]. Biomed Res Int, 2015, 2015: 861256.
- [7] Jin CM, Lee JJ, Yang YJ, et al. Liriodenine inhibits dopamine biosynthesis and L-DOPA-induced dopamine content in PC12 cells[J]. Arch Pharm Res, 2007, 30: 984-990.
- [8] Chen KS, Wu YC, Teng CM et al. Bioactive alkaloids from Illigera luzonensis[J]. J Nat Prod, 1997, 60: 645-647.
- [9] 王天山, 江洁滢, 李自顺, 等. 鹅掌楸碱的抗氧化性及稳定性研究[J]. 海南师范大学学报(自然科学版), 2013, 26(4): 410-412.
- [10] Zhang Z, Yang L, Wang B, et al. Protective role of liriodendrin in mice with dextran sulphate sodium-induced ulcerative colitis. [J]. Int Immunopharmacol, 2017, 52: 203-210.
- [11] Yang L, Li D, Zhuo YZ, et al. Protective Role of Liriodendrin in Sepsis-Induced Acute Lung Injury[J]. Inflammation, 2016, 39: 1805-1813.
- [12] Booth C, Tudor G, Tudor J, et al. Acute gastrointestinal syndrome in high-dose irradiated mice[J]. Health Phys, 2012, 103: 383-399.
- [13] Langberg CW, Sauer T, Reitan JB, et al. Tolerance of rat small intestine to localized single dose and fractionated irradiation[J]. Acta Oncol, 1992, 31: 781-787.
- [14] Ashcraft KA, Miles D, Sunday ME, et al. Development and Preliminary Evaluation of a Murine Model of Chronic Radiation-Induced Proctitis[J]. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2018, 101: 1194-1201.
- [15] Lu W, Xie YL, Huang BJ, et al. Platelet-derived growth factor C signaling is a potential therapeutic target for radiation proctopathy [J]. Sci Transl Med, 2021, 13(582): eabc2344.
- [16] Wang WH, Cui BT, Nie YZ, et al. Radiation injury and gut microbiota-based treatment[J]. Protein Cell, 2024, 15: 83-97.
- [17] Cagin YF, Parlakpınar H, Vardi N, et al. Protective effects of apocynin against ionizing radiation-induced hepatotoxicity in rats[J]. Biotech Histochem, 2022, 97: 228-235.
- (收稿日期: 2024-06-24; 修回日期: 2024-10-13)
- (本文编辑: 彭 羽)