

DOI: 10.3969/j.issn.2096-6113.2025.02.013

引用格式:邹亮,寿康全.血清 IL-17 和 MMP-13 对膝关节骨性关节炎患者行膝关节外侧支持带松解术预后不良的预测价值[J].巴楚医学,2025,8(2):79-84.

血清 IL-17 和 MMP-13 对膝关节骨性关节炎患者行 膝关节外侧支持带松解术预后不良的预测价值

邹亮 寿康全

(三峡大学第一临床医学院[宜昌市中心人民医院]骨科,湖北宜昌 443003)

摘要:目的:探究血清白细胞介素-17(IL-17)和基质金属蛋白酶-13(MMP-13)对膝关节骨性关节炎(KOA)患者行关节镜下膝关节外侧支持带松解术预后不良的预测价值。方法:选取 2023 年 1 月—2024 年 6 月宜昌市中心人民医院收治的 86 例 KOA 患者为观察对象,患者关节镜下行膝关节外侧支持带松解术,术后 3 个月 Lysholm 评分 <85 分为预后不良组($n=25$),Lysholm 评分 ≥ 85 分为预后良好组($n=61$)。测定术前、术后 3 个月血清 IL-17、MMP-13 水平,点二列相关系数分析血清指标与患者术预后的相关性,绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析血清指标对患者术后预后不良的预测价值。结果:预后不良组患者术前血清 IL-17、MMP-13 水平均显著高于预后良好组,两组患者术前血清 IL-17、MMP-13 水平均明显高于术后 3 个月(均 $P<0.05$)。术前血清 IL-17、MMP-13 与 KOA 患者术预后不良均呈正相关。术前血清 IL-17、MMP-13 单独和联合预测 KOA 患者关节镜下行膝关节外侧支持带松解术预后不良的曲线下面积(AUC)分别为 0.917、0.894 和 0.982。结论:术前血清 IL-17、MMP-13 水平与 KOA 患者关节镜下行膝关节外侧支持带松解术预后有关,二者联合具有较高的预测价值。

关键词:膝关节骨性关节炎; 外侧支持带松解术; 白细胞介素-17; 基质金属蛋白酶-13; 预后不良

中图分类号: R686.5

文献标志码: A

文章编号: 2096-6113(2025)02-0079-06

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Predictive Value of Serum IL-17 and MMP-13 for Poor Prognosis after Lateral Retinacular Release in Patients with Knee Osteoarthritis

Zou Liang Shou Kangquan

(Department of Orthopedics, Yichang Central People's Hospital, The First College of Clinical Medical Science, China Three Gorges University, Yichang 443003, China)

Abstract Objective: To explore the predictive value of serum interleukin-17 (IL-17) and matrix metalloproteinase-13 (MMP-13) for poor prognosis in patients with knee osteoarthritis (KOA) undergoing arthroscopic lateral retinacular release. **Methods:** A total of 86 patients with KOA treated at Yichang Central People's Hospital from January 2023 to June 2024 were retrospectively analyzed. All patients underwent arthroscopic lateral retinacular release. Patients with a Lysholm score <85 at 3 months postoperatively were

基金项目:湖北省自然科学基金项目(2021CFB488)

作者简介:邹亮,主治医师,E-mail: 624913670@qq.com

通信作者:寿康全,副教授、副主任医师,E-mail: jimmyreborn@outlook.com

assigned to the poor prognosis group ($n=25$), while those with a score ≥ 85 were assigned to the good prognosis group ($n=61$). Serum levels of IL-17 and MMP-13 were measured preoperatively and at 3 months postoperatively. The correlation between serum markers and postoperative prognosis was analyzed using point-biserial correlation coefficient. The predictive value of serum markers for poor postoperative prognosis was evaluated using receiver operating characteristic (ROC) curves. **Results:** Preoperative serum IL-17 and MMP-13 levels were significantly higher in the poor prognosis group compared to the good prognosis group, and both markers were significantly reduced postoperatively in both groups (all $P < 0.05$). Preoperative serum IL-17 and MMP-13 levels were positively correlated with poor prognosis. The areas under the ROC curve (AUC) for IL-17, MMP-13, and their combination in predicting poor prognosis were 0.917, 0.894, and 0.982, respectively. **Conclusion:** Elevated serum IL-17 and MMP-13 levels are associated with poor prognosis after arthroscopic lateral retinacular release in KOA patients. The combination of IL-17 and MMP-13 has high predictive value for poor postoperative outcomes.

Keywords knee osteoarthritis (KOA); lateral retinacular release; interleukin-17 (IL-17); matrix metalloproteinase-13 (MMP-13); poor prognosis

膝关节骨性关节炎(knee osteoarthritis, KOA)以关节软骨退化、滑膜炎症、骨赘形成和软骨下骨硬化为特征,发病机制涉及遗传、机械、炎症和免疫激活等多个方面^[1-2]。由于膝关节的负重特性,KOA可导致慢性膝关节疼痛、运动功能丧失,严重影响患者生活质量^[3]。多数KOA患者疼痛由髌骨外侧倾斜引起,临床常进行外侧支持带松解术以恢复膝关节功能,但部分患者治疗效果不佳,疼痛反复发作。因此,早期评估KOA患者行外侧支持带松解术的预后不良发生风险,对于优化治疗方法、及早恢复膝关节功能具有重要意义。

白细胞介素-17(interleukin-17, IL-17)主要由活化的T细胞产生,是一种常见的促炎细胞因子,与炎症、免疫防御、组织修复密切相关,参与多种炎症性疾病、自身免疫性疾病、肿瘤疾病的发病机制^[4]。Nong等^[5]、Kamiab等^[6]研究发现,骨关节炎疾病特征与IL-17相关。基质金属蛋白酶-13(matrix metalloproteinase-13, MMP-13)是MMP家族的主要成员,参与细胞外基质成分的降解,在组织重塑、胚胎发生、血管生成、细胞增殖和凋亡、细胞因子活性、伤口愈合等多种病理过程中起关键作用。Milaras等^[7]研究发现,MMP-13基因多态性与希腊人KOA显著相关。Kumar等^[8]研究发现,KOA患者滑膜液及血清中MMP-13表达均高于对照组(膝关节疼痛但并非膝骨关节炎者)。

尽管关于IL-17和MMP-13与KOA发病机制的研究已有很多,但二者与KOA患者预后之间的关系仍需进一步阐明。本研究旨在探究血清IL-17、

MMP-13对KOA患者关节镜下行膝关节外侧支持带松解术预后不良的预测价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取2023年1月—2024年6月宜昌市中心人民医院收治的86例KOA患者为观察对象,所有患者均在关节镜下行膝关节外侧支持带松解术。术后3个月,Lysholm评分 < 85 分为预后不良组($n=25$),Lysholm评分 ≥ 85 分为预后良好组($n=61$)。本研究已通过我院伦理委员会批准(批号:2025-117-01)。

纳入标准:①符合KOA诊断标准^[9],且经影像学证实单侧膝关节间隙变窄、骨质硬化等;②临床资料完整;③精神正常,依从性良好,可正常交流;④知情同意。

排除标准:①自身免疫性关节炎、感染性关节炎、痛风、关节损伤等导致的膝关节疼痛;②膝关节前后交叉韧带损伤;③既往有膝关节手术史者;④合并急慢性感染、恶性肿瘤、重要脏器功能障碍等;⑤近期抗炎、激素类药物服用患者。

1.2 研究方法

1.2.1 一般资料收集

收集患者的基线资料:年龄、身体质量指数(body mass index, BMI)、性别、患病部位、kellgren-Lawrence (K-L)分级^[9]、半月板撕裂、患病时间、手术时间。

1.2.2 血清IL-17、MMP-13水平测定

分别于术前1天、术后3个月采集患者5 mL外

周静脉血,3000 r/min 离心 10 min 后获得血清样本,冻存于-80 °C 冰箱备测。采用酶联免疫吸附试验(enzyme linked immunosorbent assay, ELISA)测定血清 IL-17、MMP-13 水平(ELISA 试剂盒均购自武汉百意欣生物技术有限公司)。生物素标记抗体,辣根过氧化物酶标记链霉亲和素。显色反应完成后,在 450 nm 波长下测定反应孔吸光度,计算血清样本中 IL-17、MMP-13 浓度。

1.3 治疗与随访

KOA 患者在关节镜下行外侧支持带松解术。患者取仰卧位,腰硬联合麻醉后常规膝关节镜入路,行全面镜检并清理增生滑膜。射频电刀逐层松解髌骨外侧支持带,观察髌骨运动轨迹是否恢复正常。清洗关节腔,缝合切口,加压包扎。

术后进行康复训练,定期门诊复查,期间持续记录患者膝关节康复情况。术后 3 个月,记录患者术后膝关节 Lysholm 评分。Lysholm 评分包含肿胀、疼痛、不稳定、交锁、支撑、下蹲、跛行、爬楼梯 8 项维度,共计 100 分,根据总分可将膝关节功能分为差(<65 分)、可(65~84 分)、良(85~94 分)、优(>95) 4 类^[10]。Lysholm 评分良、优视为预后良好,评分差视为预后不良。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 26.0 进行数据统计分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用两独

立样本 t 检验,组内比较采用配对样本 t 检验;不符合正态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,两组间比较采用 Mann-whitney U 检验。计数资料以 $n(\%)$ 表示,两组间比较采用 χ^2 检验。点二列相关系数分析血清指标与患者术后预后的相关性,赋值如下:预后不良=1,预后良好=0。绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析血清指标对患者术后预后不良的预测价值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者一般资料比较

本研究中预后良好组 61 例,预后不良组 25 例,预后不良率为 29.07%,两组患者年龄、BMI、性别、患病部位、K-L 分级、半月板撕裂、患病时间、手术时间均无明显差异(均 $P > 0.05$)。预后不良组患者术前血清 IL-17、MMP-13 水平均显著高于预后良好组,两组患者术前血清 IL-17、MMP-13 水平均明显高于术后 3 个月(均 $P < 0.05$),见表 1。

2.2 术前血清 IL-17、MMP-13 与 KOA 患者术后预后不良的相关性

如表 2 所示,经点二列相关系数分析可知,术前血清 IL-17、MMP-13 与 KOA 患者术后预后不良呈正相关(均 $P < 0.05$)。

表 1 两组患者一般资料比较 [$(\bar{x} \pm s), n(\%), M(P_{25}, P_{75})$]

项目	预后良好组($n=61$)	预后不良组($n=25$)	$t/\chi^2/Z$	P	
年龄/岁	61.42±7.03	63.56±7.28	1.269	0.208	
BMI/(kg/m ²)	22.71±2.43	23.49±2.50	1.341	0.184	
性别	男	27(44.26)	9(36.00)	0.497	0.481
	女	34(55.74)	16(64.00)		
患病部位	左膝	34(55.74)	11(44.00)	0.979	0.322
	右膝	27(44.26)	14(56.00)		
K-L 分级	II	18(29.51)	4(16.00)	1.700	0.192
	III	43(70.49)	21(84.00)		
半月板撕裂	9(14.75)	7(28.00)	1.273	0.259	
患病时间/月	3.00(1.50,5.00)	3.00(2.00,5.00)	1.888	0.059	
手术时间/min	65.93±7.86	68.27±8.04	1.245	0.216	
IL-17/(pg/mL)	术前	30.47±4.12	39.05±4.81	8.347	<0.001
	术后 3 个月	8.24±1.59 ^a	9.62±2.40 ^a	3.128	0.002
MMP-13/(pg/mL)	术前	45.62±5.35	55.46±5.74	7.583	<0.001
	术后 3 个月	23.75±2.61 ^a	30.28±3.52 ^a	9.484	<0.001

注: BMI: 身体质量指数; K-L 分级: Kellgren-Lawrence 分级; IL-17: 白细胞介素-17; MMP-13: 基质金属蛋白酶-13; 与同组术前相比, ^a $P < 0.05$ 。

表 2 术前血清 IL-17、MMP-13 与 KOA 患者术后预后不良的相关性

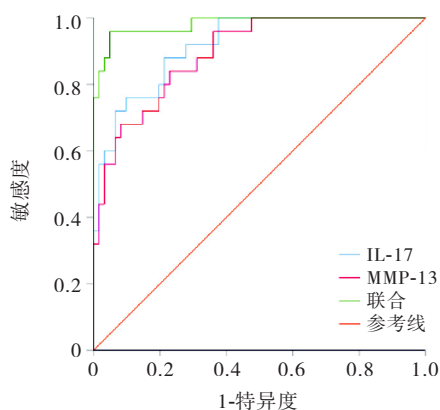
项目	预后不良	
	r_{pb}	P
术前 IL-17/(pg/mL)	0.725	<0.001
术前 MMP-13/(pg/mL)	0.671	<0.001

注:IL-17:白细胞介素 17; MMP-13:基质金属蛋白酶 13。

表 3 术前血清 IL-17、MMP-13 对 KOA 患者术后预后不良的预测价值

项目	AUC	95%CI	截断值	敏感度/%	特异度/%	P
术前 IL-17/(pg/mL)	0.917	0.859~0.976	34.650	88.00	78.70	<0.001
术前 MMP-13/(pg/mL)	0.894	0.826~0.962	50.171	84.00	77.00	<0.001
联合	0.982	0.956~1.000	-	96.00	95.10	<0.001

注:IL-17:白细胞介素 17; MMP-13:基质金属蛋白酶 13。



注:IL-17:白细胞介素 17; MMP-13:基质金属蛋白酶 13。

图 1 术前血清 IL-17、MMP-13 预测 KOA 患者术后预后不良的 ROC 曲线

3 讨论

一项基于 4 年随访数据的全国性纵向研究表明^[11],我国中老年人症状性 KOA 的累积发病率高达 8.5%。随着经济的快速发展、预期寿命的提高, KOA 患者的患病率呈上升态势,发病年龄趋向年轻化。尽管骨关节炎以保守治疗为主,但必要时仍需进行手术。关节镜下膝关节外侧支持带松解术是一种微创手术,通过置入关节镜探查关节病变,清理病变组织并逐步松解外侧支持带,改善或恢复患者的膝关节功能,减轻疼痛,延缓疾病进展^[12]。然而部分患者术后存在膝关节活动受限、髌骨再脱位等预后不良现象,仍需要进一步手术治疗^[13]。因此,探究 KOA 患者关节镜下行膝关节外侧支持带松解术预后相关指标至关重要。

2.3 术前血清 IL-17、MMP-13 对 KOA 患者术后预后不良的预测价值

术前血清 IL-17、MMP-13 单独和联合预测 KOA 患者在关节镜下行膝关节外侧支持带松解术预后不良的曲线下面积 (area under the curve, AUC) 为 0.917、0.894 和 0.982,联合预测明显优于单独预测,见表 3 及图 1。

段大波等^[14]发现,KOA 患者血清 IL-17 水平随 K-L 分级增加而显著升高。维生素补剂、推拿治疗可降低血清 IL-17 水平,减轻骨性关节炎患者及大鼠模型的疼痛和关节肿胀,改善关节活动范围^[15-16]。Sun 等^[17]发现,IL-17 通过诱导内质网应激引发滑膜炎,加剧软骨损伤。Lee 等^[18]利用体外实验证实,IL-17 可通过丝裂原细胞外信号调节激酶/细胞外调节蛋白激酶信号通路促进 KOA 患者滑膜成纤维细胞中 IL-18 表达,介导下游促炎细胞因子释放,加速骨关节炎进展。外源施加 IL-17 可上调单核细胞趋化蛋白-1、血管细胞黏附分子-1 表达,促进巨噬细胞 M1 型极化,同时通过酪氨酸激酶信号传导和转录激活因子 3、蛋白激酶 C 信号级联反应增强单核细胞浸润关节滑膜,促进骨关节炎的炎症进展^[19-20]。本研究中,KOA 患者关节镜下膝关节外侧支持带松解术预后不良率为 29.07%。预后不良组患者术前血清 IL-17 水平显著高于预后良好组,且两组患者术前血清 IL-17 水平均高于术后,这提示血清 IL-17 与 KOA 患者关节镜下膝关节外侧支持带松解术预后不良相关。进一步经点二列相关系数分析可知,KOA 患者术前血清 IL-17 与预后不良呈正相关,这提示血清 IL-17 高表达不利于患者预后。IL-17 可能通过促炎、氧化应激、过度免疫等相关机制促进炎症细胞招募,增加关节内炎性介质释放,从而加重关节损伤,不利于 KOA 患者术后恢复^[17-20]。术前血清 IL-17 预测 KOA 患者关节镜下膝关节外侧支持带松解术预后不良的 AUC 为 0.917,敏感度、特异度分别为 88.00%、78.70%,提示血清 IL-17 具有一定的预后不良预测价值。

MMP-13 在滑膜炎症、软骨降解、基质破坏和关节疼痛等多方面起着重要作用^[21]。Fu 等^[22]发现, KOA 兔模型膝关节软骨中 MMP-13 水平上调, 其水平在脐带血单核细胞治疗后显著降低。益气养血方治疗可通过抑制 MMP-13 表达减轻关节内的炎症反应和软骨基质降解, 进而促进关节软骨修复^[23]。Zhao 等^[24]研究证实, 长链非编码 RNA 通过上调 MMP-13 表达, 促进软骨细胞凋亡, 降低 II 型和 IV 型胶原蛋白表达, 诱发骨关节炎。Sun 等^[25]研究发现, 骨关节炎患者软骨细胞中 MMP-13 表达显著提高, 特异性敲除 MMP-13 可阻断 Wnt5a 信号通路, 进而促进软骨细胞增殖并抑制其凋亡, 延缓关节软骨退化和骨关节炎进展。郭健等^[26]发现, 血清 MMP-13 水平与 KOA 患者 K-L 分级呈正相关, MMP-13 是关节镜清理术后患者预后不良的危险因素, 但未进一步分析其对预后的预测价值。本研究发现, 关节镜下膝关节外侧支持带松解术预后不良组术前血清 MMP-13 水平显著高于预后良好组患者, 且术前血清 MMP-13 与预后不良呈正相关, 提示血清 MMP-13 与 KOA 患者预后密切相关。MMP-13 可能通过自身酶活作用降解软骨基质、促进关节炎症, 进而诱导软骨细胞凋亡, 影响关节重塑, 增加预后膝关节功能恢复难度^[7, 23-25]。KOA 患者术后血清 MMP-13 水平显著低于术前, 提示临床可通过监测血清 MMP-13 水平在一定程度上评估患者预后。术前血清 MMP-13 预测 KOA 患者关节镜下膝关节外侧支持带松解术预后不良的 AUC 为 0.894, 敏感度、特异度分别为 84.00%、77.00%, 提示血清 MMP-13 具有一定的预后不良预测价值。

不足的是, 本研究病例样本仅 86 例, 样本量较小, 可能会影响部分结果, 未来应增加病例纳入, 以进一步明确血清 IL-17、MMP-13 与 KOA 患者关节镜下行膝关节外侧支持带松解术预后的关系。总之, 血清 IL-17、MMP-13 水平与 KOA 患者关节镜下行膝关节外侧支持带松解术预后不良有关, 二者联合具有较高的预测价值, 有望为患者提供更加精准的预后评估和干预策略, 从而提高 KOA 患者的生活质量。

参考文献:

[1] Giorgino R, Albano D, Fusco S, et al. Knee osteoarthritis: epidemiology, pathogenesis, and mesenchymal stem cells: what else is new an update[J]. *Int J Mol Sci*, 2023, 24(7): 6405.

[2] Du X, Liu Z Y, Tao X X, et al. Research progress on the pathogenesis of knee osteoarthritis [J]. *Orthop Surg*, 2023, 15(9): 2213-2224.

[3] Song X Y, Liu Y, Chen S Y, et al. Knee osteoarthritis: a review of animal models and intervention of traditional Chinese medicine[J]. *Animal Model Exp Med*, 2024, 7(2): 114-126.

[4] Huangfu L J, Li R Y, Huang Y M, et al. The IL-17 family in diseases: from bench to bedside[J]. *Signal Transduct Target Ther*, 2023, 8(1): 402.

[5] Nong J, Lu G Y, Huang Y, et al. Identification of cuproptosis-related subtypes, characterization of immune microenvironment infiltration, and development of a prognosis model for osteoarthritis [J]. *Front Immunol*, 2023, 14: 1178794.

[6] Kamiab Z, Khorramdelazad H, Kafi M, et al. Role of interleukin-17 family cytokines in disease severity of patients with knee osteoarthritis[J]. *Adv Rheumatol*, 2024, 64(1): 11.

[7] Milaras C, Lepetsos P, Pampanos A, et al. The association of MMP-2, MMP-9, and MMP-13 gene polymorphisms with knee osteoarthritis in the Greek population[J]. *Cureus*, 2024, 16(7): e65379.

[8] Kumar P, Kumar S, Abhilasha A, et al. The role of matrix metalloproteinase 13 and vitamin D in osteoarthritis: a hospital-based observational study[J]. *Cureus*, 2023, 15(9): e45437.

[9] 中华中医药学会. 膝骨关节炎中西医结合诊疗指南(2023年版)[J]. *中医正骨*, 2023, 35(6): 1-10.

[10] Lysholm J, Gillquist J. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale[J]. *Am J Sports Med*, 1982, 10(3): 150-154.

[11] Ren Y, Hu J, Tan J, et al. Incidence and risk factors of symptomatic knee osteoarthritis among the Chinese population: analysis from a nationwide longitudinal study[J]. *BMC Public Health*, 2020, 20(1): 1491.

[12] 中国骨关节炎诊疗指南专家组, 中国老年保健协会疼痛病学分会. 中国骨关节炎诊疗指南(2024版)[J]. *中华疼痛学杂志*, 2024, 20(3): 323-338.

[13] 张博闻, 赵其纯. 关节镜下内侧支持带紧缩联合外侧松解术治疗青少年复发性髌骨脱位[J]. *实用骨科杂志*, 2022, 28(1): 80-82.

[14] 段大波, 张树鹰. 血清 TGF- β 1、TIMP-1、TNF- α 及 IL-17 在膝关节骨性关节炎患者血清变化情况及其与病情严重程度的关系[J]. *中国实验诊断学*, 2023, 27(7): 825-828.

[15] Divjak A, Jovanovic I, Matic A, et al. The influence of vitamin D supplementation on the expression of

- mediators of inflammation in knee osteoarthritis[J]. *Immunol Res*, 2023, 71(3): 442-450.
- [16] Wang Z, Xu H, Wang Z, et al. Traditional Chinese manual therapy (Tuina) improves knee osteoarthritis by regulating chondrocyte autophagy and apoptosis via the PI3K/AKT/mTOR pathway: an in vivo rat experiment and machine learning study[J]. *J Inflamm Res*, 2024, 17: 6501-6519.
- [17] Sun W, Li X Y, Zhang L Y, et al. IL-17A exacerbates synovial inflammation in osteoarthritis via activation of endoplasmic reticulum stress[J]. *Int Immunopharmacol*, 2025, 145: 113733.
- [18] Lee K T, Lin C Y, Liu S C, et al. IL-17 promotes IL-18 production via the MEK/ERK/miR-4492 axis in osteoarthritis synovial fibroblasts[J]. *Aging (Albany NY)*, 2024, 16(2): 1829-1844.
- [19] Hsieh S L, Yang S Y, Lin C Y, et al. MCP-1 controls IL-17-promoted monocyte migration and M1 polarization in osteoarthritis[J]. *Int Immunopharmacol*, 2024, 132: 112016.
- [20] Wu T J, Chang S L, Lin C Y, et al. IL-17 facilitates VCAM-1 production and monocyte adhesion in osteoarthritis synovial fibroblasts by suppressing miR-5701 synthesis[J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(12): 6804.
- [21] 熊 翱, 魏小雨, 许建中, 等. 碘乙酸单钠诱导 SD 大鼠膝骨关节炎后 HIF-1 α 、OPN、IL-1 β 、TNF- α 、MMP-13 和 NGF 蛋白表达及意义[J]. *中国实验动物学报*, 2023, 31(5): 643-652.
- [22] Fu Y H, Zhang C, Yang Y, et al. Effect of umbilical cord blood-mononuclear cells on knee osteoarthritis in rabbits[J]. *J Orthop Surg Res*, 2024, 19(1): 323.
- [23] Zhao T, Wang X C, Li Z F, et al. Yiqi Yangxue formula inhibits cartilage degeneration in knee osteoarthritis by regulating LncRNA-UFC1/miR-34a/MMP-13 axis[J]. *J Ethnopharmacol*, 2025, 337(Pt 3): 118930.
- [24] Zhao Z, Wang Z Y, Pei L J, et al. Long non-coding ribonucleic acid AFAP1-AS1 promotes chondrocyte proliferation via the miR-512-3p / matrix metalloproteinase 13 (MMP-13) axis[J]. *Bioengineered*, 2022, 13(3): 5386-5395.
- [25] Sun M H, Tian J W, Zhang L, et al. Wnt5a manipulate the progression of osteoarthritis via MMP-13 dependent signaling pathway[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2024, 103(50): e40676.
- [26] 郭 健, 邢乾龙, 胡 滨, 等. IL-1 β 、IL-1 和 MMP-13 在膝关节骨性关节炎中的表达及临床意义[J]. *分子诊断与治疗杂志*, 2022, 14(8): 1363-1366.

[收稿日期 2025-03-11]