

距骨骨软骨损伤的患者合并踝关节不稳的临床预测模型分析

卢炯炯, 杨喜乐, 董保婷, 陈贝贝

漯河医学高等专科学校第二附属医院 河南漯河

【摘要】目的 探讨距骨骨软骨损伤 (OLTs) 患者合并慢性踝关节不稳 (CAI) 的临床预测因子, 建立预测模型以指导手术方案选择。**方法** 选择 2023 年 7 月到 2024 年 6 月收治的 OLTs 患者 40 例, 收集患者临床数据, 通过 MRI 检查和 AOFAS 功能评分随访 1 年。采用 Logistic 回归分析独立危险因素。**结果** 多因素分析确定了 OLTs 合并 CAI 的独立预测因子, 构建的预测模型具有较高的灵敏度和特异度。**结论** 本研究建立的预测模型可有效识别 OLTs 合并 CAI 的高风险患者, 指导临床选择联合韧带修复术等个性化治疗方案, 改善患者预后。

【关键词】 距骨骨软骨损伤; 慢性踝关节不稳; 预测模型

【基金项目】 河南省医学科技攻关计划项目, 课题名称“髓内钉 (钉中钉) 微创治疗移位的跟骨关节内骨折” (项目编号: LHG20221036)

【收稿日期】 2025 年 5 月 25 日

【出刊日期】 2025 年 6 月 26 日

【DOI】 10.12208/j.ijcr.20250299

Clinical prediction model analysis of ankle joint instability in patients with talar bone cartilage injury

Jiongiong Lu, Xile Yang, Baoting Dong, Beibei Chen

The Second Affiliated Hospital of Luohe Medical College, Luohe, Henan

【Abstract】Objective To explore the clinical predictive factors of chronic ankle instability (CAI) in patients with talus osteochondral injuries (OLTs), and establish a predictive model to guide surgical plan selection. **Methods** Forty patients with OLTs admitted from July 2023 to June 2024 were selected, and clinical data were collected. MRI examination and AOFAS functional score were followed up for one year. Use logistic regression analysis to identify independent risk factors. **Results** Multivariate analysis identified independent predictive factors for OLTs combined with CAI, and the constructed predictive model exhibited high sensitivity and specificity. **Conclusion** The predictive model established in this study can effectively identify high-risk patients with OLTs combined with CAI, guide clinical selection of personalized treatment plans such as combined ligament repair, and improve patient prognosis.

【Keywords】 Talar bone cartilage injury; Chronic ankle instability; Prediction model

距骨骨软骨损伤 (OLTs) 是足踝外科常见的运动损伤, 多发生于慢性踝关节不稳 (CAI) 患者中, 可导致持续性疼痛、功能障碍, 甚至进展为踝关节骨性关节炎, 严重影响患者生活质量^[1]。研究表明^[2], 约 40% 的踝关节扭伤患者会发展为 CAI, 而 OLTs 与 CAI 的共病率较高, 两者相互影响, 形成扭伤-不稳-软骨损伤的恶性循环。目前, OLTs 的手术治疗方式多样, 但关于是否需同期行韧带修复术仍存争议, 关键在于术前能否准确识别合并 CAI 的高风险患者。当前 CAI 的诊断主要依赖主观症状和影像学检查, 缺乏客观量化标准, 导致临床决策困难^[3]。因此, 建立 OLTs 合并 CAI 的预测模型具有重要临床意义。本研究整合患者人口学特征、创伤史、MRI 表现及功能评分等数据, 构建多因

素预测模型, 为术前评估提供客观依据, 优化手术方案, 从而改善患者预后。具体研究如下。

1 一般资料与研究方法

1.1 一般资料

选择 2023 年 7 月到 2024 年 6 月收治的 OLTs 患者 40 例。其中男性 22 例, 女性 18 例, 年龄 18-65 岁, 平均年龄 (38.5±12.3) 岁。患者体重指数 (BMI) 为 (24.1±3.5) kg/m², 病程 3 个月至 5 年, 平均病程 (18.6±9.4) 个月。

纳入标准: (1) 符合 OLTs 诊断标准; (2) 存在慢性踝关节不稳症状; (3) 初次诊断为 OLTs; (4) 具有完整的病历、影像学资料。

排除标准: (1) 既往明确 CAI 病史; (2) 既往

有踝关节手术史；（3）病历资料不完整，随访资料不完整。

1.2 研究方法

构建 OLTs 合并 CAI 临床预测模型：

（1）建立标准化的病例纳入与数据采集体系，严格定义入组标准为经 MRI 确诊的 OLTs 患者，同时规范反复扭伤等核心指标的操作定义（3 次需医疗干预的踝关节扭伤）。研究团队将采用前瞻性队列研究设计，通过电子病历系统连续纳入病例，采集包括人口学特征（年龄、性别、BMI）、损伤史（扭伤次数、创伤机制）、临床症状（疼痛 VAS 评分、不稳感频率）、功能评估（AOFAS 评分、FAAM 运动量表）以及影像学参数（MRI 韧带损伤分级、距骨骨髓水肿范围）等多维度数据。

（2）建立标准化的影像评估流程，由两名以上高年资骨科医师采用双盲法判读 MRI 图像，重点评估距腓前韧带（ATFL）的连续性、距骨穹窿下 1/3 骨髓水肿等特征性表现，并通过组内相关系数（ICC）确保判读一致性。在模型构建阶段，采用机器学习算法（如随机森林、支持向量机）进行特征筛选，通过 Logistic 回归分析确定独立预测因子，最终建立包含 4~6 个核心指标的列线图预测模型。计算受试者工作特征曲线下面积（AUC）、校准曲线斜率等指标评估区分度与校准度。临床应用阶段，开发移动端决策支持工具，将预测模型转化为可视化评分系统，设置 65 分作为干预阈值，对高风险患者建议术中进行动态评估并考虑联合韧带修复。同时建立动态更新机制，每季度通过新入组病例数据进行模型性能再评估，定期优化预测因子权重。为确保研究质量，项目组将制定标准操作手册（SOP），

包括统一的数据采集表格、标准化的 MRI 扫描协议以及规范化的随访流程（术后 1、3、6、12 个月进行 AOFAS 评分和 MRI 复查）。

通过多中心协作扩大样本量，并计划纳入步态分析参数作为模型升级的补充指标，最终形成具有临床实用价值的 OLTs-CAI 风险预测体系。

1.3 观察指标

收集性别、年龄、BMI、运动频率、踝关节创伤史、扭伤次数、疼痛时间、肌腱病变等临床数据，结合 MRI 检查和 AOFAS 功能评分进行 1 年随访。通过 Logistic 回归分析筛选独立危险因素，构建预测模型并验证其区分度与校准度。

1.4 统计学分析

单因素分析：采用 χ^2 检验或 t 检验筛选潜在预测因子（ $P<0.05$ ）。多因素 Logistic 回归：纳入单因素分析有意义的变量，建立预测模型，计算 OR 值及 95%CI。模型验证：区分度：ROC 曲线分析（AUC>0.7 认为模型有效）；校准度：Hosmer-Lemeshow 检验（ $P>0.05$ 提示拟合良好）。

2 结果

2.1 预测模型的多因素分析结果

反复扭伤（ ≥ 3 次）风险最高（OR=4.25， $P<0.001$ ）；MRI 显示韧带损伤（OR=5.12）和 AOFAS 评分<70 分（OR=3.41）均显著增加 CAI 风险；肌腱病变为独立危险因素（OR=2.78， $P=0.002$ ）。

2.2 模型验证结果

AUC 为 0.85（95%CI:0.78–0.92），显示良好区分度；灵敏度 82.30%、特异度 76.80%，提示模型可有效识别高危患者。

表 1 预测模型的多因素分析结果

变量	OR 值	95%CI	P 值
反复扭伤（ ≥ 3 次）	4.25	2.10–8.60	<0.001
肌腱病变	2.78	1.45–5.32	0.002
AOFAS 评分<70	3.41	1.89–6.15	<0.001
MRI 显示韧带损伤	5.12	2.76–9.50	<0.001

表 2 模型验证结果

指标	值	95%CI
AUC	0.85	0.78–0.92
灵敏度	82.30%	75.60–88.00
特异度	76.80%	69.40–83.10

3 讨论

OLTs 合并 CAI 是足踝外科常见的临床难题。踝关节扭伤后, 约 40% 的患者会发展为 CAI, 而 OLTs 患者中合并 CAI 的比例更高, 两者相互影响^[4]。目前临床诊断主要依靠患者主诉、体格检查和影像学检查, 但这些方法各有局限。患者对关节不稳感的描述主观性强, 前抽屉试验等体格检查的准确性受操作者经验影响, MRI 虽能清晰显示韧带结构损伤, 但无法评估功能性不稳。这种诊断体系的不足直接影响了治疗决策的准确性。国内外研究显示^[5], 漏诊 CAI 可能导致 OLTs 术后效果不佳, 但目前在手术指征把握上仍存在争议, 这些争议的根源在于缺乏能够同时评估解剖损伤和功能状态的客观标准, 以及预测 OLTs 合并 CAI 风险的量化工具。

临床预测模型的构建为 OLTs 合并 CAI 的诊疗难题提供了创新性解决方案。相较于传统依赖主观症状和单一影像学评估的诊断模式, 该模型通过整合反复扭伤史、肌腱病变、功能评分及影像学表现等多维度指标, 系统性地涵盖了 CAI 的机械性不稳、神经肌肉控制障碍等核心病理机制, 显著提升了诊断的全面性和准确性。模型通过量化风险帮助临床医生识别高危患者, 特别是那些影像学表现不典型但实际存在功能不稳的病例; 同时为个体化手术方案的选择提供依据, 如对预测高风险患者推荐联合韧带修复术; 此外还能优化术后随访策略, 针对不同风险层级患者制定差异化的康复计划^[6]。在临床实施过程中, 需重点把握三个关键环节: 严格规范数据采集标准, 如明确定义反复扭伤为每年需医疗干预的特定次数。合理设置风险判定阈值以平衡诊断的敏感性与特异性。针对运动员等特殊人群需结合运动功能量表进行个性化调整。该模型虽能显著提升术前诊断准确率, 但不能完全替代术中的动态评估, 尤其对于 MRI 可能漏诊的韧带瘢痕愈合情况。模型的推广应用将有效解决当前临床面临的三大难题: 降低因漏诊 CAI 导致的 OLTs 手术失败率; 为是否联合韧带修复提供客观决策依据; 优化术后康复管理策略^[7-8]。

综上所述, 该模型的建立能通过精准医疗改善患者生活质量, 具有重要的临床推广价值。

参考文献

- [1] 刘洪达, 闫荣亮, 高岩, 等. MRI 术前定量评估距骨骨软骨损伤范围对术式选择及中长期随访结果的影响[J]. 中国组织工程研究, 2024, 33(33): 5388-5395.
- [2] 潘光杰, 陈学武, 陈辉, 等. 创伤性膝关节炎关节软骨损伤因素与预测模型构建[J]. 浙江创伤外科, 2025, 30(1): 133-137.
- [3] 赵宇心, 周鸿, 周洋, 等. 常规超声联合超微血流成像评估血友病性滑膜炎在骨软骨损伤风险预测中的应用价值[J]. 中国临床医学影像杂志, 2025, 36(3): 213-217.
- [4] 郑菲, 黄琛慧, 陈小玫, 等. MRI 检查指标、血清骨钙素、MMP-1 及 IL-1 对膝关节炎合并软骨损伤的预测价值[J]. 临床和实验医学杂志, 2024, 23(9): 949-952.
- [5] 倪建峰, 孟贺媛, 张宝, 等. 前交叉韧带断裂患者并发膝关节软骨损伤的列线图预测模型构建[J]. 中国医师进修杂志, 2024, 47(5): 427-433.
- [6] 梅金鑫. MRI 常规序列联合 DWI 评估膝关节软骨损伤的临床分析[J]. 四川生理科学杂志, 2024, 46(8): 1831-1833.
- [7] 刘洪达, 曲平艳, 高岩, 等. 磁共振 T2-mapping 序列联合纹理分析对距骨软骨损伤的评估[J]. 影像科学与光化学, 2025, 43(2): 30-38.
- [8] 彭龙辉, 吴贵成, 杨志杰, 等. 磁共振 3D-WATS 对膝关节软骨损伤的诊断价值研究[J]. 现代医药卫生, 2024, 40(24): 4202-4205.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS