

DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20252983

论著·蚊媒病毒感染与基孔肯雅热专题

基孔肯雅病毒感染相关关节损伤的磁共振表现特征与疼痛程度相关性
及 T2-Mapping 值对损伤严重程度和预后的评估价值

孙井松¹, 黄孝增², 钱裕东¹, 刘子蔚³, 邓翠爱⁴, 温蕊屏¹, 廖秀娟¹, 何藻鹏⁵

(1. 佛山市顺德区乐从医院放射科, 广东 佛山 528315; 2. 佛山市顺德区第三人民医院放射科, 广东 佛山 528325; 3. 南方医科大学第八附属医院放射科, 广东 佛山 528308; 4. 佛山市顺德区乐从医院超声医学科, 广东 佛山 528315; 5. 佛山市顺德区乐从医院手足整形外科, 广东 佛山 528315)

[摘要] **目的** 探讨基孔肯雅病毒(CHIKV)关节损伤的磁共振(MR)表现特征及其与疼痛程度的相关性,并分析 T2-Mapping 值对该类损伤严重程度及预后的评估价值。**方法** 采用多中心回顾性研究设计,纳入 CHIKV 感染伴关节疼痛患者,行多关节 MR 扫描,评估关节积液、滑膜增厚、骨髓水肿、软骨损伤等表现,并测定 T2-Mapping 值。采用视觉模拟量表(VAS)评估疼痛程度,由两名放射科医生独立评估影像表现。**结果** 共纳入 131 例患者,关节腔和/或滑液囊积液发生率最高(77.1%,101 例),其中膝、踝关节积液占比 81.2%(重度 17 例、轻中度 65 例),其余关节积液均为轻度。滑膜增厚 78 例(重度 14 例、轻中度 64 例);腱鞘炎 27 例;骨髓水肿 21 例(以膝、踝关节为主);关节软骨损伤 19 例;肌肉软组织水肿 114 例(重度 17 例、轻中度 97 例),踝部 Kager 脂肪垫水肿 28 例。T2-Mapping 值升高者慢性骨关节痛表现更明显,其中软骨损伤区域 T2-Mapping 值较正常软骨区域升高 40%~60%(共 19 例),重度损伤软组织的 T2-Mapping 值为(52.3±6.7) ms,轻中度损伤软组织的 T2-Mapping 值为(42.3±5.2) ms,二者均高于正常参考值(<35 ms,均 $P<0.05$)。在 17 例重度软组织损伤患者中,12 例存在超过 1 个月的持续性疼痛,其 T2-Mapping 值与轻中度损伤患者的 T2 值比较,差异具有统计学意义($P<0.05$),进一步提示 T2-Mapping 值升高程度与疼痛持续时间及损伤严重程度密切相关。1 个月后随访,103 例患者疼痛缓解,28 例仍疼痛患者中,17 例发展为亚急性骨关节痛。骨髓水肿(81.1%)、软骨 T2-Mapping 值升高(89.5%)、重度滑膜增厚(71.4%)为亚急性骨关节痛“高危 MR 表现”。关节腔/囊积液、腱鞘炎急性化发生率分别为 3.0%、7.4%。**结论** MR 可清晰显示 CHIKV 关节损伤的炎症及结构性改变,T2-Mapping 值可作为评估损伤严重程度和预后的潜在影像学计量参数。

[关键词] 基孔肯雅热; 亚急性骨关节痛; MR; T2-Mapping

[中图分类号] R445.2 R183.5

Correlation between magnetic resonance imaging characteristics and pain severity in joint damage related to Chikungunya virus infection as well as the assessment value of T2-Mapping value for the severity and prognosis of damage

SUN Jingsong¹, HUANG Xiaozeng², QIAN Yudong¹, LIU Ziwei³, DENG Cuiai⁴, WEN Ruiping¹, LIAO Xiujian¹, HE Zaopeng⁵ (1. Department of Radiology, Lecong Hospital of Shunde, Foshan 528315, China; 2. Department of Radiology, Shunde District Third People's Hospital, Foshan 528325, China; 3. Department of Radiology, The Eighth Affiliated Hospital of Southern Medical University, Foshan 528308, China; 4. Department of Ultrasound,

[收稿日期] 2025-09-12

[基金项目] 广东省防控基孔肯雅病毒感染科研攻关应急专项(2025B1111070002)

[作者简介] 孙井松(1977-),男(汉族),黑龙江省海伦市人,主治医师,主要从事骨关节运动系统医学影像诊断研究。

[通信作者] 何藻鹏 E-mail: hezaopeng@163.com

Lecong Hospital of Shunde, Foshan 528315, China; 5. Hand and Foot Plastic Surgery, Lecong Hospital of Shunde, Foshan 528315, China)

[Abstract] **Objective** To explore the magnetic resonance (MR) imaging characteristics of joint damage caused by Chikungunya virus (CHIKV) and its correlation with pain severity, and analyze the value of T2-Mapping in assessing the severity and prognosis of such damage. **Methods** A multicenter retrospective study design was adopted, and patients with CHIKV infection accompanied by joint pain were included in analysis. Multi-joint MR scans were performed to assess joint effusion, synovial thickening, bone marrow edema, and cartilage damage. T2-Mapping values were measured. Pain severity was assessed using the Visual Analog Scale (VAS), and imaging findings were independently assessed by two radiologists. **Results** A total of 131 patients were included in the study. The incidence of joint cavity and/or synovial sac effusion was the highest (77.1%, $n = 101$), with knee and ankle joint effusion accounting for 81.2% (severe, mild-moderate were 17 and 65 cases, respectively), other joint effusion were mild. 78 cases had synovial thickening (14 and 64 were severe and mild-moderate cases, respectively), 27 cases had tenosynovitis, 21 cases had bone marrow edema (primarily in the knee and ankle joints). 19 cases had cartilage damage, 114 cases presented muscle soft tissue edema (17 and 97 were severe and mild-moderate cases, respectively), 28 cases had Kager's fat pad edema. Patients with elevated T2-Mapping values exhibited more pronounced chronic joint pain, with T2-Mapping values in the cartilage damage site increasing by 40% – 60% compared with normal cartilage site (19 cases in total). The T2-Mapping value for severely damaged soft tissue was (52.3 ± 6.7) ms, while for mildly to moderately damaged soft tissue was (42.3 ± 5.2) ms, both significantly higher than normal reference values (<35 ms, both $P < 0.05$). Among 17 patients with severe soft tissue damage, 12 experienced persistent pain for over one month, with statistically significant differences in T2 values compared with those with mild-moderate damage ($P < 0.05$). This further suggested that the degree of elevation in T2-Mapping values was closely related to the duration of pain and the severity of damage. After one-month follow-up, 103 patients had pain relief. Among the 28 patients with ongoing pain, 17 developed into subacute bone joint pain. Bone marrow edema (81.0%), elevation of T2-Mapping value of cartilage (89.5%), and severe synovial thickening (71.4%) were high-risk MR manifestations of subacute bone joint pain. The incidences of subacute joint cavity/sac effusion and subacute tenosynovitis were 3.0% and 7.4%, respectively. **Conclusion** MR can clearly display the inflammatory and structural changes in CHIKV joint damage, and T2-Mapping values may serve as a potential imaging measurement parameter for assessing severity and prognosis of damage.

[Key words] Chikungunya fever; subacute joint pain; MR; T2-Mapping

基孔肯雅病毒(Chikungunya virus, CHIKV)是热带、亚热带地区流行的蚊媒病毒,感染后关节痛发生率超过 90%^[1],部分患者症状迁延为亚急性骨关节痛,严重影响生活质量^[2]。临床常规检查难以精准评估 CHIKV 关节损伤的炎症与结构改变,磁共振成像(MRI)虽能清晰显示关节积液、滑膜增厚等定性征象,但缺乏量化分析^[3],T2-Mapping 技术在 CHIKV 相关关节病变中的应用尚未见报道。本研究采用多中心回顾性研究方法,纳入 CHIKV 感染伴关节疼痛患者,通过多关节磁共振(MR)扫描分析典型病变特征,并测定 T2-Mapping 值。结合视觉模拟量表(VAS)评分探究疼痛与损伤的关联,旨在明确 MR 对 CHIKV 关节损伤程度的诊断价值,探讨 T2-Mapping 值在预测 CHIKV 慢性骨关节痛中的作用,以期为临床诊疗及预后判断提供精准的影像学标志物。

1 对象与方法

1.1 研究对象 回顾性收集 2025 年 6 月 16 日—8 月 22 日佛山市内多所医疗机构确诊为 CHIKV 感染且伴有关节疼痛症状的患者数据。纳入标准:①经实验室检查(包括 CHIKV 核酸检测阳性或血清特异性抗体 IgM/IgG 阳性)确诊为 CHIKV 感染;②存在明确关节疼痛症状(疼痛持续时间 ≥ 1 d);③均完成多关节 MR 扫描及 T2-Mapping 值测定,临床资料(如病史、体格检查、实验室检查结果)完整,且均有 2 次以上 MR 复查结果;④确诊时间在本研究设定的时间范围内。排除标准:①既往确诊风湿性疾病(如类风湿关节炎、强直性脊柱炎等)或感染性关节炎(如细菌性关节炎、结核性关节炎等),可能干扰 CHIKV 相关关节损伤评估;②年龄 > 90 岁,

因高龄可能伴随多种基础疾病,影响损伤程度与预后判断的准确性;③影像数据质量不佳,无法进行规范评估。本研究已通过各参与中心伦理委员会审批,因回顾性研究性质豁免患者知情同意,符合医学伦理相关规定。

1.2 收集关节疼痛信息 包括病程记录(主治医生每日记录疼痛部位、性质、持续时间)和护理记录(每 8 h 评估疼痛评分及干预措施)。疼痛评分采用 VAS,由护士每日上午固定时间协助患者完成评分,记录“当前疼痛”“最严重疼痛”分值,为避免多部位疼痛导致的评分偏差,本研究采用《视觉模拟量表(VAS)临床应用指南》推荐的“核心疼痛部位优先记录”原则:①先由患者主观明确“最痛关节”(即日常活动中疼痛最剧烈、影响最大的部位),记录该部位的 VAS 评分(0~10 分)作为主要分析指标;②同时记录所有疼痛部位的 VAS 评分均值,用于敏感性分析。放射科医生申请检查时记录“疼痛关节部位”与“疼痛持续日数”,与临床记录交叉验证,排除信息矛盾病例。

1.3 MR 图像采集 所有患者均接受多关节 MR 检查(1.5T 和 3T),序列包括 T1 加权序列(T1WI)、T2 加权序列(T2WI)、短时反转恢复序列(STIR)及 T1 加权增强序列(T1WI+C)。重点评估关节积液、腱鞘炎、滑膜炎、骨髓水肿信号等表现,踝关节额外记录 Kager 脂肪垫损伤占比,同时采集受累肌肉及关节软骨的 T2-Mapping 值。

1.4 图像分析 采用盲法评估模式,两位评估医生在不知患者临床信息(如疼痛评分、随访结果)的前提下,独立对 MR 图像进行分析,评估结果不一致时双人讨论,仍存争议则由审核主任医生裁定。评估指标及标准如下。①关节积液:以积液深度为依据,<3 mm 为轻度、3~5 mm 为中度、>5 mm 为重度,记录各关节积液分级;②滑膜增厚:测量滑膜最厚处厚度,<2 mm 为轻度、2~4 mm 为中度、>4 mm 为重度;③骨髓水肿:按水肿累及关节骨端范围,分为局限型(<1/3 骨端)、弥漫型($\geq 1/3$ 骨端);④软骨损伤:参照 Outerbridge 分级,0 级为正常,I~IV 级为不同程度损伤;⑤肌肉软组织水肿:按水肿累及肌肉范围,分为局部型(<1/2 肌肉)、广泛型($\geq 1/2$ 肌肉);⑥ T2-Mapping 值测量时,于病变区选取 3 个大小一致(约 5 mm²)的感兴趣区域(避开边缘伪影),取均值为最终值。采用 Kappa 检验(定性指标)及组内相关系数(ICC)检验(定量指标)判断一

致性,Kappa>0.75、ICC>0.80 为一致性良好。

1.5 统计学分析 应用 SPSS 26.0 进行统计分析,计量资料(包括关节软骨 T2-Mapping 值、肌肉软组织 T2-Mapping 值、VAS 疼痛评分、关节积液深度、滑膜增厚厚度)采用 *Shapiro-Wilk* 检验验证正态分布。符合正态分布的计量资料以均值 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验(如重度 VS 轻中度肌肉软组织损伤的 T2-Mapping 值比较)或单因素方差分析(如多关节部位积液深度比较)。不符合正态分布的计量资料以中位数(四分位数)[*M*(*Q*₁,*Q*₃)]表示,组间比较采用 *Mann-Whitney U* 检验或 *Kruskal-Wallis H* 检验。分类变量(如关节积液分级、滑膜增厚分级、骨髓水肿存在与否)以例数(百分比)[*n*(%)]表示,组间比较采用 *Pearson χ^2* 检验或 Fisher 确切概率法(当理论频数 *T*<5 时)。不符合双变量正态分布的指标(如最痛关节评分与平均评分)采用 *Spearman* 秩相关分析。

2 结果

2.1 CHIKV 感染伴关节疼痛患者一般情况 131 例患者中,男女患者比例差异较小,以 30~50 岁患者(65 例,49.6%)为主;入院时 VAS 评分为 4~6 分的患者(59 例,45.0%)最多,其次为 0~3 分的患者(42 例,32.1%),7~10 分的患者最少(30 例,22.9%);1 个月后大部分患者疼痛缓解(103 例,78.6%)。见表 1。

2.2 CHIKV 感染伴关节疼痛患者疼痛持续时间分布情况 131 例患者中,以疼痛持续时间<2 周的患者(68 例,51.9%)为主,无亚急性患者;其次为疼痛持续时间>4 周的患者(28 例,21.4%),亚急性患者共 10 例(35.7%);疼痛持续时间 2~3 周的患者共 25 例(19.1%),亚急性患者 3 例(12.0%);疼痛持续时间>3~4 周的患者最少(10 例,7.6%),亚急性患者 4 例(40.0%)。见表 2。

2.3 MR 关节影像表现

2.3.1 关节腔和滑液囊积液 131 例患者中关节腔和滑液囊积液(图 1a)是最常见的病变类型,共 101 例,发生率为 77.1%,见表 3。按积液程度划分,重度积液 17 例,中度积液 28 例,轻度积液 56 例。从关节部位来看,8 例腕关节、3 例手指关节、2 例足关节、3 例肘关节和 3 例肩关节均为轻度积液,2 例脊柱关节周围未观察到积液。

表 1 131 例 CHIKV 感染伴关节疼痛患者基本资料及疼痛情况

Table 1 Basic information and pain status of 131 patients with CHIKV infection accompanied by joint pain

指标	例数	百分比(%)	指标	例数	百分比(%)
性别			入院时 VAS 评分(分)		
男	72	55.0	轻度(0~3)	42	32.1
女	59	45.0	中度(4~6)	59	45.0
年龄段(岁)			重度(7~10)	30	22.9
<30	28	21.4	最严重时 VAS 评分(分)		
30~50	65	49.6	轻度(0~3)	21	16.0
>50	38	29.0	中度(4~6)	45	34.4
基础病			重度(7~10)	65	49.6
高血压	23	17.6	1 个月后疼痛情况		
糖尿病	15	11.4	疼痛缓解	103	78.6
其他疾病(如冠心病)	8	6.1	仍疼痛(含亚急性)	28	21.4
无基础病	85	64.9	亚急性骨关节炎痛(持续>1 个月)	17	13.0
既往关节炎(类风湿/强直性脊柱炎等)	0	0			

表 2 131 例 CHIKV 感染伴关节疼痛患者疼痛持续时间分布
Table 2 Distribution of pain duration in 131 patients with CHIKV infection accompanied by joint pain

入院时疼痛持续时间(周)	患者例数	百分比(%)	亚急性患者例数	亚急性占比(%)
<2	68	51.9	0	0
2~3	25	19.1	3	12.0
>3~4	10	7.6	4	40.0
>4	28	21.4	10	35.7
合计	131	100	17	13.0

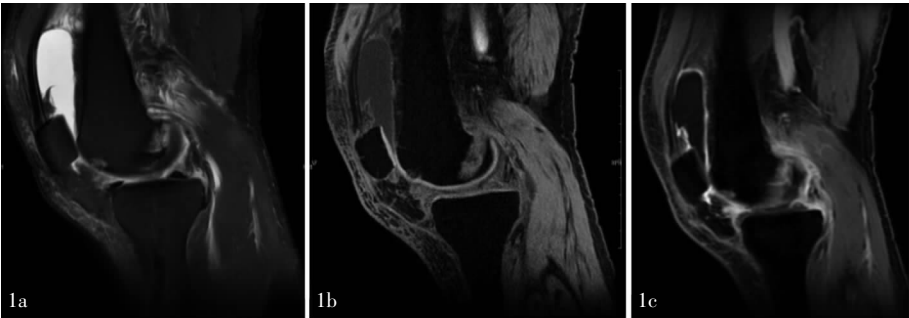
2.3.2 滑膜增厚情况 滑膜增厚患者共计 78 例，发生率为 59.5%，其中重度增厚(图 1b、1c)14 例，且重度增厚主要集中在膝关节(12 例)和踝关节(2 例)；轻中度滑膜增厚 64 例，具体关节分布无明显差异。见表 3。

2.3.3 腱鞘炎情况 腱鞘炎(图 2)患者共 27 例，手足关节合计 11 例、踝关节 15 例、肩关节 1 例。见表 3。

2.3.4 骨髓水肿分布 骨髓水肿(图 3)共 21 例，发生率为 16.0%，具体分布为膝关节 8 例、踝关节 7 例、手足关节 2 例、腕关节 2 例、椎体 2 例。见表 3。

2.3.5 关节软骨损伤情况 关节软骨损伤患者共 19 例，发生率为 14.5%，主要发生在膝关节(9 例)和踝关节(8 例)，腕关节 2 例出现关节软骨损伤。见表 3。

2.3.6 肌肉软组织水肿表现 114 例存在关节肌肉软组织水肿，且均为多部位受累。一致性检验显示，“最痛关节评分”与“平均评分”的 Spearman 相关系数为 0.89($P<0.05$)，提示两种评分方式结果的稳定性良好，可有效避免多部位疼痛对评分结果的干扰，确保后续“疼痛程度与损伤关联分析”的可靠性。按损



注：图 1a 为 IR-T2W 序列髌上囊大量积液，关节软骨损伤，腓窝肌腱及肌肉 T2WI 高信号。图 1b 为 3D-FS-SPGR 序列见股骨髌关节软骨损伤。图 1c 为 3D-FS-SPGR 增强扫描序列见受累关节软骨区明显强化，髌上囊及软组织明显增厚伴滑膜增厚。

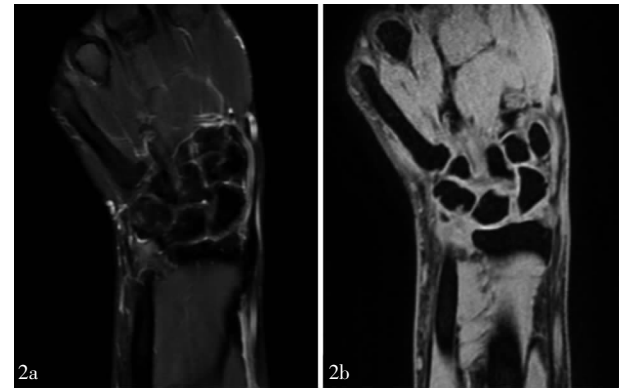
图 1 37 岁男性患者 CHIKV 感染后膝关节疼痛 2 d MR 检查结果

Figure 1 MR findings of knee joint in a 37-year-old male patient with knee joint pain for two days after CHIKV infection

表 3131 例 CHIKV 感染伴关节痛患者 MR 表现

Table 3MR findings of 131 patients with CHIKV infection accompanied by joint pain

观察指标	各关节发生例数及占比[例(%)]							总例数 (发生率, %)
	膝关节	踝关节	手足骨	腕关节	肩关节	肘关节	脊柱	
腱鞘炎	0(0)	15(55.6)	11(40.7)	0(0)	1(3.7)	0(0)	0(0)	27(20.6)
关节腔/关节囊积液	48(47.5)	34(33.7)	5(4.9)	8(7.9)	3(3.0)	3(3.0)	0(0)	101(77.1)
轻中度	38(45.2)	27(32.1)	5(6.0)	8(9.5)	3(3.6)	3(3.6)	0(0)	84(64.1)
重度	10(58.8)	7(41.2)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	17(13.0)
滑膜增厚	37(47.4)	18(23.1)	9(11.6)	8(10.3)	3(3.8)	3(3.8)	0(0)	78(59.5)
轻中度	25(39.1)	16(25.0)	9(14.0)	8(12.5)	3(4.7)	3(4.7)	0(0)	64(48.9)
重度	12(85.7)	2(14.3)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	14(10.7)
骨髓水肿	8(38.1)	7(33.4)	2(9.5)	2(9.5)	0(0)	0(0)	2(9.5)	21(16.0)
关节软骨损伤	9(47.4)	8(42.1)	0(0)	2(10.5)	0(0)	0(0)	0(0)	19(14.5)
肌肉软组织水肿	52(45.6)	39(34.2)	9(7.9)	8(7.1)	3(2.6)	3(2.6)	0(0)	114(87.0)
轻中度	43(44.3)	31(32.0)	9(9.3)	8(8.2)	3(3.1)	3(3.1)	0(0)	97(74.0)
重度	9(52.9)	8(47.1)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	17(13.0)
软骨 T2-Mapping 值升高	7(36.9)	5(26.3)	3(15.8)	2(10.5)	0(0)	2(10.5)	0(0)	19(14.5)
轻中度	5(35.7)	3(21.4)	2(14.3)	2(14.3)	0(0)	2(14.3)	0(0)	14(10.7)
重度	2(40.0)	2(40.0)	1(20.0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	5(3.8)
肌肉软组织 T2-Mapping 值升高	52(51.4)	39(38.6)	3(3.0)	3(3.0)	1(1.0)	3(3.0)	0(0)	101(77.1)
轻中度	43(53.0)	31(38.3)	2(2.5)	2(2.5)	1(1.2)	2(2.5)	0(0)	81(61.8)
重度	9(45.0)	8(40.0)	1(5.0)	1(5.0)	0(0)	1(5.0)	0(0)	20(15.3)

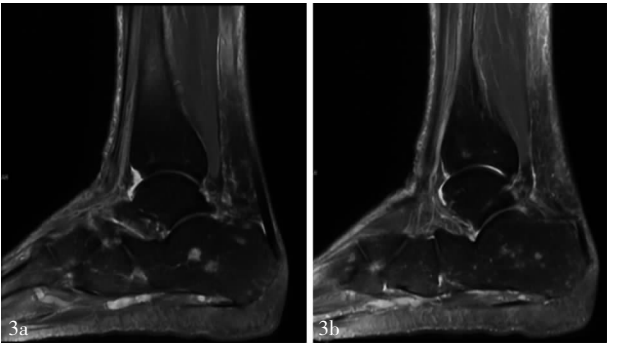


注:图 2a 为 IR-T2W 序列见三角骨及尺骨茎突骨髓水肿,尺侧腱鞘炎。图 2b 为 3D-FS-SPGR 序列见三角骨关节软骨损伤。

图 226 岁男性患者 CHIKV 感染后腕关节疼痛 1 个月 MR 检查结果

Figure 2MR findings of wrist joint in a 26-year-old male patient with wrist joint pain for one month after CHIKV infection

伤程度划分,重度损伤(单部位关节 3 条以上肌肉和肌肉旁软组织受累)17 例,其中膝关节 9 例,踝关节 8 例;轻中度肌肉软组织水肿(单部位 1~3 条肌肉和肌肉旁软组织受累)97 例,具体分布为膝关节 43 例,踝关节 31 例,其他关节 23 例。见表 3。



注:图 3a 为 IR-T2W 序列 Kager 脂肪垫和肌腱周围 T2WI 高信号,跟骨及胫骨见片状骨髓水肿高信号。图 3b 为 1 个月复查见上述骨髓水肿信号范围扩大,距骨亦见高信号。

图 354 岁男性患者 CHIKV 感染后踝关节疼痛 1 个月 MR 检查结果

Figure 3MR findings of ankle joint in a 54-year-old male patient with ankle joint pain for one month after CHIKV infection

2.3.7 踝部 Kager 脂肪垫水肿情况 在涉及踝部检查的 39 例患者中,28 例出现踝部 Kager 脂肪垫水肿(图 4),占比为 71.8%。

2.3.8 T2-Mapping 值特点
2.3.8.1 关节软骨 T2-Mapping 值变化 19 例关



注:图 4a 为 IR-T2W 序列 Kager 脂肪垫和肌腱周围 T2WI 高信号。图 4b 为 3D-FS-SPGR 序列跟骨后突骨质损伤高信号。图 4c 为 3D-FS-SPGR 序列增强扫描,跟骨后突骨质损伤高信号明显强化。

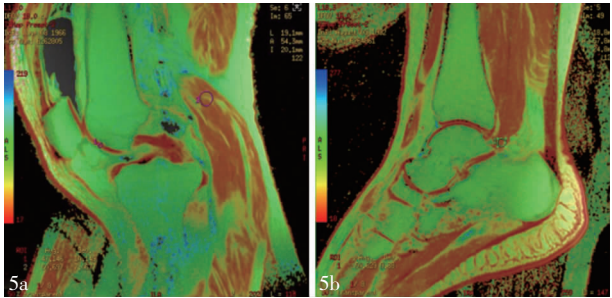
图 4 61 岁女性患者 CHIKV 感染后踝关节疼痛 1 个月 MR 检查结果

Figure 4 MR findings of ankle joint in a 61-year-old female patient with ankle joint pain for one month after CHIKV infection

节软骨损伤患者中,共检测出 23 处软骨损伤区域,其中 21 处损伤区域的 T2-Mapping 值升高(图 5),升高幅度为正常软骨的 40%~60%,与正常组织间差异有统计学意义($P<0.05$)。

2.3.8.2 不同损伤程度软组织 T2-Mapping 值差异 17 例重度关节损伤患者软组织 T2-Mapping 值为(52.3 ± 6.7) ms(正常参考值 10~35 ms)(图 5),97 例轻中度关节损伤患者软组织 T2-Mapping 值为(42.3 ± 5.2) ms,两者差异有统计学意义($P<0.05$)。

两位评估医生对 131 例 CHIKV 感染伴关节痛患者关节积液、滑膜增厚、VAS 疼痛评分等分类结果、连续变量结果进行 Kappa 检验及 ICC 检验,结果均提示两位医生评估结果的一致性良好。见表 4。



注:图 5a 为 T2-Mapping 彩图见受损伤节软骨,T2-Mapping 值为 47.1 ms;受损肌腱肌肉组织 T2-Mapping 值为 50.6 ms。图 5b 为 T2-Mapping 彩图见受损肌腱肌肉组织,T2-Mapping 值为 52.4 ms。

图 5 37 岁男性患者 CHIKV 感染后膝关节疼痛 2 d T2-Mapping 结果

Figure 5 T2-Mapping findings of knee joint in a 37-year-old male patient with knee joint pain for two days after CHIKV infection

表 4 图像分析的 Kappa 检验及 ICC 检验一致性分析

Table 4 Consistency analysis of Kappa test and ICC test for image analysis

评估指标	指标类型	一致性检验方法	检验结果(Kappa 值/ICC 值)	一致性判定
关节积液分级(轻/中/重)	定性	Kappa 检验	0.86	良好
滑膜增厚分级(轻/中/重)	定性	Kappa 检验	0.89	良好
骨髓水肿(存在/不存在)	定性	Kappa 检验	0.82	良好
关节软骨损伤分级(Outerbridge 0/Ⅰ~Ⅳ级)	定性	Kappa 检验	0.91	良好
腱鞘炎(存在/不存在)	定性	Kappa 检验	0.85	良好
肌肉软组织水肿分级(轻中/重)	定性	Kappa 检验	0.87	良好
踝部 Kager 脂肪垫水肿(存在/不存在)	定性	Kappa 检验	0.83	良好
关节软骨 T2-Mapping 值测量	定量	ICC 检验	0.93	良好
肌肉软组织 T2-Mapping 值测量	定量	ICC 检验	0.90	良好
VAS 疼痛评分(0~10 分)	定量	ICC 检验	0.88	良好

2.4 MR 表现与慢性疼痛的关系 1 个月后复查 MR 显示,存在 MR 表现为软骨 T2-Mapping 值升高的患者共 19 例,发展为亚急性骨关节痛的患者 17 例,发生率为 89.5%;存在 MR 表现为轻中度肌

肉软组织 T2-Mapping 值升高的患者共 97 例,发展为亚急性骨关节痛的患者 15 例,发生率为 15.5%。见表 5。

表 5 131 例 CHIKV 感染伴关节痛患者 MR 表现与 1 个月后亚急性骨关节痛发生情况

Table 5 MR findings and the occurrence of subacute bone joint pain one month later of 131 patients with CHIKV infection accompanied by joint pain

观察指标	患者例数	亚急性骨关节痛患者例数	发生率 (%)	特殊说明
关节腔积液或/和关节囊积液	101	3	3.0	含单一积液及积液合并存在类型
总体滑膜增厚	78	15	19.2	涵盖轻、中、重度滑膜增厚患者
亚组重度滑膜增厚	14	10	71.4	滑膜增厚程度中亚急性化风险最高亚组
腱鞘炎	27	2	7.4	累及肌腱及腱鞘的炎症性 MR 表现
软骨 T2-Mapping 值升高	19	17	89.5	反映软骨损伤的特异性 MR 功能指标
重度肌肉软组织 T2-Mapping 值升高	17	12	70.6	肌肉软组织损伤中重度病变亚组
轻中度肌肉软组织 T2-Mapping 值升高	97	15	15.5	该亚组发展为亚急性疼痛率较低
首次骨髓水肿	21	17	81.0	均来源于“软骨 T2-Mapping 值升高”患者，无独立发生病例
1 个月复查骨髓水肿	19	17	89.5	含急性期持续存在及随访新出现的骨髓水肿

3 讨论

由 CHIKV 感染引起的关节病变具有高发病率及慢性化的特点,已成为热带地区成人慢性关节痛的重要诱因^[4]。本研究通过多中心、大样本分析,证实了 MRI 在病变检测中的高效性,并通过 T2-Mapping 定量值揭示了损伤程度与预后的关联,提示 CHIKV 可能通过损伤软骨、骨髓及重度炎症反应(如滑膜/软组织重度增厚),导致亚急性关节痛。

3.1 关节病变表现的临床与研究对比 本研究中,关节积液与滑膜增厚是最常见的 MRI 征象(发生率分别为 77.1%、59.5%),与既往研究^[5]的核心结论一致,但在病变分布及严重程度存在细微差异。差异原因可能是研究纳入标准不同:既往研究未限制疼痛持续时间,纳入了 12 例疼痛<1 d 的轻症患者,而本研究严格要求疼痛持续≥1 d,且临床资料完整度更高(所有病例均包含两次以上 MR 复查),避免了轻症患者对整体发生率的稀释效应。

此外,本研究发现重度滑膜增厚患者(14 例)中,85.7%(12 例)集中在膝关节,推测这与毒株特性及膝关节为负重关节有关。本研究样本来源于我国南方地区,该地区流行的 CHIKV 东非基因型 E1:A226V 突变株对膝关节滑膜成纤维细胞的亲和力更高^[6],这一发现为 CHIKV 关节损伤的地域个体化诊疗提供了依据。

骨髓水肿作为反映软骨下骨受累的关键征象,

在本研究中仅 21 例,发生率为 16.0%,显著低于 Manimunda 等^[7]报道的发生率(35.0%),推测差异原因主要与排除标准和 MRI 序列敏感性有关。本研究严格排除了既往风湿性疾病患者(如类风湿关节炎),而 Manimunda 等的研究未明确排除此类人群。这类基础疾病本身易诱发骨髓水肿,可能导致其发生率被高估。另一方面,MRI 序列的敏感性差异也可能影响结果。该研究采用高分辨率脂肪抑制 T2WI 序列,对早期骨髓水肿的检出阈值更低(可识别<1 mm 的水肿灶)。尽管本研究包含 STIR 序列,但部分中心使用 1.5T 设备,对微小骨髓病变的分辨率略逊于 3T 设备,可能遗漏部分轻度水肿灶。值得注意的是,本研究中所有骨髓水肿患者均伴随中重度关节积液或软骨损伤,提示 CHIKV 感染中的骨髓水肿并非孤立病变,而是炎症进展至软骨下骨的标志,这与部分学者^[8]提出的“CHIKV 关节损伤渐进模型”(滑膜炎症→关节积液→软骨损伤→骨髓水肿)高度契合,进一步证实了病变的渐进性特征。

关节软骨损伤作是与亚急性疼痛关联最密切的征象^[9]。本研究中,19 例软骨损伤患者中有 17 例疼痛持续>1 个月,其发生率(14.5%)与巴西人群研究^[10]结果(15.2%)基本一致,但损伤部位分布存在差异。本研究 19 例关节软骨损伤患者中,23 处软骨损伤区域的 T2-Mapping 值较正常软骨升高 40%~60%,提示其可反映关节及软组织损伤严重程度,并间接关联疼痛程度:损伤越重,T2-Mapping 值越高,患者疼痛越明显,影像所示病变越严重(如

重度肌肉软组织损伤、关节软骨损伤),患者疼痛缓解也越缓慢,进一步证实 MRI 特征可间接反映疼痛控制情况。

膝关节和踝关节占比高达 89.5%(17/19),而巴西研究中腕关节和掌指关节的软骨损伤占比达 40%,推测该差异与人群的职业特性相关。本研究中 62.6%(82 例)的患者为体力劳动者,膝关节和踝关节长期负重,软骨更易受到炎症介质[如白细胞介素(IL)-6、肿瘤坏死因子(TNF)- α]的侵蚀;而巴西研究以办公室人群为主,腕关节和掌指关节的频繁活动增加了局部软骨损伤风险,提示关节使用频率可能是与 CHIKV 相关的软骨损伤的重要影响因素。

3.2 T2-Mapping 技术的创新价值及研究比较

T2-Mapping 作为定量评估组织微观结构的技术^[11],在本研究中展现出显著的临床应用潜力,其结果不仅与既往研究存在衔接,还体现了创新。在软组织 T2-Mapping 值方面,本研究重度损伤组[(52.3 ± 6.7) ms]与轻中度组[(42.3 ± 5.2) ms]之间的差异($P < 0.05$)首次明确了其与疼痛持续时间的关联:17 例重度损伤中,有 12 例疼痛持续超过 1 个月,其 T2-Mapping 值高于轻中度组($P < 0.05$)。既往研究多为横断面分析,未追踪疼痛预后,无法建立 T2-Mapping 值与亚急性化的关联。这一突破的核心原因在于本研究的随访设计,即,所有患者均完成 1 个月的 MR 复查,动态观察 T2-Mapping 值变化与疼痛缓解的同步性,证实 T2-Mapping 值的升高不仅反映当前损伤程度,还可预测疼痛亚急性化的风险。

在关节软骨 T2-Mapping 值方面,本研究发现损伤区域 T2-Mapping 值较正常升高 40%~60%,这一结果与已有研究^[12]报道的升高 35%~55%相近。同时,本研究进一步明确了该升高幅度与软骨损伤分级的相关性:Ⅲ级软骨损伤(全层缺损)的 T2-Mapping 值升高幅度(55.2% ± 8.3%)高于Ⅰ级(表层损伤,42.1% ± 6.5%)($P < 0.05$),结合 T2-Mapping 值与形态学特征进行综合判定,可见 T2-Mapping 值与损伤程度的关联被低估。

此外,由于设备及 T2-Mapping 值感兴趣区(ROI)选取的差异,本研究中软骨 T2-Mapping 值的正常参考值(40~60 ms)略低于既往研究(38~40 ms)。本研究在 3T 设备上选取软骨中层(胶原纤维排列最规则的区域)作为 ROI,而多数研究采用 1.5T 设备且选取软骨全层,3T 设备的高信噪比降低了组织信号干扰,使正常参考值更加精准。

3.3 特殊征象的临床意义与研究补充 肌肉软组织水肿与踝部 Kager 脂肪垫水肿是本研究发现的值得关注的征象,其临床意义在以往研究中较少被提及。本研究结果为此类征象的解读提供了新的依据。114 例肌肉软组织水肿患者中,重度损伤患者(累及三条以上肌肉者)的疼痛缓解率仅为 29.4%(5/17),低于轻中度组患者的 84.5%(82/97),这一结果首次证实了肌肉受累程度与 CHIKV 关节痛预后的关联。同时,CHIKV 儿童的肌肉骨骼症状较少,本研究仅见 2 例儿童关节痛,与部分研究^[13]结果一致。重度肌肉受累的情况在疼痛缓解方面差异显著,提示病原体载量增高,并伴随更为剧烈的炎症反应,因此疼痛缓解速度较慢,这为临床上为重度肌肉水肿患者制定强化抗炎治疗方案提供了依据。从病理机制来看,CHIKV 能够直接侵袭骨骼肌细胞,推测骨骼肌细胞内存在 CHIKV 病毒颗粒^[14]也是慢性骨关节痛患者出现骨髓水肿的原因之一,为 CHIKV 骨关节亚急性疼痛的早期诊断提供了影像学依据。

本研究中,Kager 脂肪垫水肿的高发生率(28/39,71.8%)可作为 CHIKV 引起踝关节损伤的重要间接指标,这一发现填补了以往研究空白,并建立了标准化的肌肉受累评估体系,该体系依据肌肉解剖分区对单个部位进行统计和分级,而以往研究多仅记录“存在/不存在”水肿,未能体现损伤严重程度差异。此前仅有与痛风性踝关节炎相关的研究^[15]提及该现象(发生率为 40%~50%),而关于 CHIKV 感染的相关文献尚未见报道。与痛风性关节炎相比,CHIKV 感染中 Kager 脂肪垫水肿的发生率更高,这可能与病变机制差异有关。痛风主要通过尿酸盐结晶的沉积引发局部炎症^[16],而 CHIKV 感染则通过病毒复制与免疫介导的双重作用,导致脂肪垫内血管的扩张和炎性细胞的显著浸润^[17]。本研究中 8 例 Kager 脂肪垫水肿患者的增强 MRI 结果显示明显强化,提示血管增生,也证实了这一点。此外,由于 Kager 脂肪垫位于踝后区且富含神经末梢,其水肿可能直接加重踝关节疼痛。本研究中,28 例水肿患者的踝关节视觉模拟评分[VAS 评分为(6.2 ± 1.3)分]高于无水腫患者[(3.5 ± 1.1)分, $P < 0.05$],进一步证实了该现象与疼痛程度之间的关联,为临床评估踝关节损伤提供了新的影像学指标。

3.4 研究局限性 本研究仍存在一些不足。首先,回顾性设计导致部分患者的临床症状记录(如疼痛诱因及伴随症状)不够详尽,可能影响疼痛与影像学

关联分析的全面性;其次,1.5T 与 3T MRI 设备存在差异,尽管标准化的 ROI 选择减少了误差,但仍可能对 T2-Mapping 值的一致性产生轻微影响;最后,随访时间仅为 1 个月,无法评估 T2-Mapping 值与长期慢性疼痛(如 6 个月或 1 年)之间的关联,因此未来需延长随访周期以验证其长期预后价值。

综上所述,CHIKV 相关的关节损伤在 MRI 影像中具有明显的特征性,主要表现为关节积液、滑膜增厚、骨髓水肿及软组织炎症变化。T2-Mapping 技术能够精确定量评估关节软骨及软组织的损伤程度,其数值与患者的疼痛程度及症状的亚急性化趋势关系密切,能够辅助预后评估,建议作为临床首选的影像学检查方法,为制定诊疗方案提供重要的影像支持。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

- [1] An WX, Ge NN, Cao YL, et al. Recent progress on Chikungunya virus research[J]. Virol Sin, 2017, 32(6): 441 – 453.
- [2] Clement ND, Jones S, Afzal I, et al. Chronic pain at 1-year following knee arthroplasty is associated with a worse joint-specific function and health-related quality of life[J]. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2025, 33(3): 944 – 955.
- [3] Song IH, Althoff CE, Hermann KG, et al. Knee osteoarthritis. Efficacy of a new method of contrast-enhanced musculoskeletal ultrasonography in detection of synovitis in patients with knee osteoarthritis in comparison with magnetic resonance imaging[J]. Ann Rheum Dis, 2008, 67(1): 19 – 25.
- [4] Amaral JK, Bingham CO 3rd, Taylor PC, et al. Pathogenesis of chronic Chikungunya arthritis: resemblances and links with rheumatoid arthritis[J]. Travel Med Infect Dis, 2023, 52: 102534.
- [5] Zunica F, Loiodice M, Riccaboni F, et al. Ultrasound imaging for sternoclavicular joint involvement in enthesitis-related arthritis: a closer look at capsular enthesitis[J]. Ultrasound, 2025, 33(2): 153 – 158.
- [6] Vazeille M, Zouache K, Vega-Rúa A, et al. Importance of mosquito “quasispecies” in selecting an epidemic arthropod-borne virus[J]. Sci Rep, 2016, 6: 29564.
- [7] Manimunda SP, Vijayachari P, Uppoor R, et al. Clinical progression of Chikungunya fever during acute and chronic arthritic stages and the changes in joint morphology as revealed by imaging[J]. Trans R Soc Trop Med Hyg, 2010, 104(6): 392 – 399.
- [8] Amdekar S, Parashar D, Alagarasu K. Chikungunya virus-induced arthritis: role of host and viral factors in the pathogenesis[J]. Viral Immunol, 2017, 30(10): 691 – 702.

- [9] McAdams TR, Mithoefer K, Scopp JM, et al. Articular cartilage injury in athletes[J]. Cartilage, 2010, 1(3): 165 – 179.
- [10] Alves JDO, Bruera E, Corrêa MI, et al. Home-based palliative care for cancer patients: evaluating a decade of nursing-led interventions[J/OL]. Am J Hosp Palliat Care. (2025 – 06 – 25) [2025 – 09 – 01]. <https://doi.org/10.1177/10499091251355571>.
- [11] 罗慕晴, 冯智超, 廖云杰, 等. 3.0T 磁共振成像 T2 mapping 联合纹理分析评估腰椎小关节退变程度[J]. 中南大学学报(医学版), 2020, 45(7): 827 – 833.
Luo MQ, Feng ZC, Liao YJ, et al. Combination of 3.0T magnetic resonance imaging T2 mapping with texture analysis for evaluating the degeneration of lumbar facet joints[J]. Journal of Central South University(Medical Science), 2020, 45(7): 827 – 833.
- [12] Wei ZM, Du XK, Huo TL, et al. Quantitative T2 mapping evaluation for articular cartilage lesions in a rabbit model of anterior cruciate ligament transection osteoarthritis[J]. Chin Med J (Engl), 2012, 125(5): 843 – 850.
- [13] Damodar T, Pattabiraman C, Singh B, et al. Microbiological investigations for Chikungunya virus in children with acute encephalitis syndrome in a non-outbreak setting in southern India[J]. J Med Virol, 2025, 97(2): e70233.
- [14] Lentscher AJ, McCarthy MK, May NA, et al. Chikungunya virus replication in skeletal muscle cells is required for disease development[J]. J Clin Invest, 2020, 130(3): 1466 – 1478.
- [15] Tang B, Zeng XZ, Fan C. Significantly better efficacy for acute ankle gouty arthritis through arthroscopic debridement compared with simple drug therapy: a longitudinal study with 1-year follow-up[J]. J Clin Rheumatol, 2022, 28(1): e69 – e72.
- [16] Reber LL, Starkl P, Balbino B, et al. The tyrosine kinase inhibitor imatinib mesylate suppresses uric acid crystal-induced acute gouty arthritis in mice[J]. PLoS One, 2017, 12(10): e0185704.
- [17] Her Z, Teng TS, Tan JJJ, et al. Loss of TLR3 aggravates CHIKV replication and pathology due to an altered virus-specific neutralizing antibody response[J]. EMBO Mol Med, 2015, 7(1): 24 – 41.

(本文编辑:翟若南)

本文引用格式:孙井松, 黄孝增, 钱裕东, 等. 基孔肯雅病毒感染相关关节损伤的磁共振表现特征与疼痛程度相关性及其 T2-Mapping 值对损伤严重程度和预后的评估价值[J]. 中国感染控制杂志, 2025, 24(11): 1563 – 1571. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20252983.

Cite this article as: SUN Jingsong, HUANG Xiaozeng, QIAN Yudong, et al. Correlation between magnetic resonance imaging characteristics and pain severity in joint damage related to Chikungunya virus infection as well as the assessment value of T2-Mapping value for the severity and prognosis of damage[J]. Chin J Infect Control, 2025, 24(11): 1563 – 1571. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20252983.