

频发型与偶发型痛风足踝部MRI影像表现的差异性研究

陈美涵, 于 彤, 李凤娇, 肖景锐*

青岛大学附属医院放射科, 山东 青岛

收稿日期: 2025年4月16日; 录用日期: 2025年5月9日; 发布日期: 2025年5月20日

摘 要

目的: 通过磁共振成像(MRI)对频发型与偶发型痛风足踝部影像学征象进行定量及半定量评估, 探究两种类型痛风MRI影像表现的差异性, 为痛风分型提供影像学依据。材料与方法: 前瞻性收集MRI组78例, 频发型54例, 偶发型痛风24例。收集患者临床及影像学资料, 进行统计学分析, 采用二分类logistic回归分析痛风频发的独立危险因素, 并绘制受试者工作曲线(ROC)。结果: 频发型痛风在病程、BMI、收缩压/舒张压这些指标上均高于偶发型痛风。MRI影像表现中频发型痛风在痛风石发生率、痛风石总分、骨侵蚀总分、骨髓水肿总分、肌腱韧带病变总分、软组织肿胀率、滑膜增厚率、骨质增生硬化率及关节间隙变窄率均大于偶发型痛风($p < 0.05$); 并且得到痛风石总分、骨侵蚀总分、肌腱韧带病变总分高是频发型痛风的独立危险因素($p < 0.05$), 以上述三因素联合共同识别频发型痛风的AUC为0.936 (95% CI 0.882~0.990), 其敏感度为92.6%、特异度为83.3%。结论: 相较于偶发型痛风, 频发型痛风MRI影像学表现为痛风石累及范围更广、骨侵蚀程度更严重、肌腱韧带病变更严重。对痛风患者分型及精准治疗提供影像学理论依据。

关键词

磁共振成像, 痛风发作, 痛风性关节炎, 频率

Comparative Study of MRI Imaging Features in Frequent Gout Flares and Infrequent Gout Flares of the Foot and Ankle

Meihan Chen, Tong Yu, Fengjiao Li, Jingrui Xiao*

Department of Radiology, The Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

Received: Apr. 16th, 2025; accepted: May 9th, 2025; published: May 20th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 陈美涵, 于彤, 李凤娇, 肖景锐. 频发型与偶发型痛风足踝部 MRI 影像表现的差异性研究[J]. 临床医学进展, 2025, 15(5): 953-964. DOI: 10.12677/acm.2025.1551455

Abstract

Objective: To quantitatively and semi-quantitatively evaluate MRI features of frequent gout flares (FrGF) and infrequent gout flares (InGF) in the foot and ankle, and to investigate the differences in MRI manifestations between these two types of gout, thereby providing imaging evidence for gout classification. **Materials and Methods:** This prospective study included 78 gout patients who underwent MRI examination (54 FrGF, 24 InGF). Clinical and imaging data were collected and statistically analyzed. Binary logistic regression was used to identify independent risk factors for frequent gout flares, and receiver operating characteristic (ROC) curves were plotted. **Results:** Patients with FrGF had significantly longer disease duration, higher BMI, and elevated systolic/diastolic blood pressure compared to InGF ($p < 0.05$). MRI findings showed that FrGF had a higher tophus occurrence rate, tophus scores, bone erosion scores, bone marrow edema scores, tendon/ligament lesion scores, as well as higher rates of soft tissue swelling, synovial thickening, osteosclerosis, and joint space narrowing than InGF ($p < 0.05$). High tophus score, bone erosion score, and tendon/ligament score are independent risk factors for FrGF ($p < 0.05$). The combination of these three factors achieved an AUC of 0.936 (95% CI 0.882~0.990) for identifying FrGF, with sensitivity of 92.6% and specificity of 83.3%. **Conclusion:** Compared to InGF, FrGF demonstrates more extensive tophus involvement, more severe bone erosion, and worse tendon/ligament damage on MRI. These findings provide imaging evidence for gout classification and precise treatment.

Keywords

Magnetic Resonance Imaging, Gout Flare, Gouty Arthritis, Frequency

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

痛风是由嘌呤代谢紊乱和(或)尿酸代谢障碍所致的一组异质性疾病,在我国所有人群中的发病率为1%~3% [1][2]。其典型临床表现是痛风发作,为单(多)关节数小时内的炎症反应,包括红、肿、热、痛和(或)功能障碍。每年2次及以上的痛风发作为频发型痛风,每年2次以内发作为偶发型痛风,频发型需进行降尿酸治疗[2]。既往文献表明,痛风性关节炎最易累及足踝部[3]。尽管有研究[1]表明血清尿酸水平、受累关节数目和单钠尿酸盐(MSU)晶体负荷程度与痛风发作频率相关,但有关两种类型痛风磁共振成像(MRI)影像学征象的差异性尚未见报告。MRI具有软组织分辨率高、多序列、多方位成像等优势,已被广泛应用于风湿骨关节病的诊断[5],也可发现痛风性关节炎早期病理改变[5];此外,MRI对人体无辐射损伤,为痛风患者提供了一种更安全的检查手段。因此本研究基于MRI探究频发型与偶发型足踝部痛风影像表现差异性,为临床分期及治疗提供影像学依据。

2. 材料与方法

2.1. 研究对象

选取2021年1月至2023年12月在青岛大学附属医院痛风病临床医学中心门诊就诊的痛风患者。

纳入标准:①符合《美国风湿病学会痛风管理指南(2020)》《中国高尿酸血症和痛风诊治指南(2019)》

痛风诊断标准：②每年 ≥ 2 次的痛风发作为频发型痛风， <2 次发作为偶发型痛风。

排除标准：初诊时临床资料及影像学检查不全者。

前瞻性纳入痛风患者 78 例，均为男性，年龄 44.06 ± 14.95 岁；其中频发型痛风 54 例，年龄 44.36 ± 13.92 岁，偶发型痛风 24 例，年龄 40.41 ± 16.01 岁。

本研究已通过青岛大学附属医院伦理委员会批准，并获得所有受试者知情同意。

2.2. 研究方法

2.2.1. 临床资料采集

包括性别、年龄、病程、血压、体重指数(BMI)、烟酒史、药物治疗、痛风家族史、高血压、糖尿病、结石、手术史。

2.2.2. MRI 扫描参数及检查方法

检查设备：使用西门子 Prisma 3.0T 超导型磁共振仪(Siemens Heathcare GmbH, Erlangen, Germany)，应用同厂家配装的足踝部专用线圈行足踝部 MRI 检查。

扫描体位：被检查者取仰卧位，足先进。

扫描参数：具体扫描序列及扫描参数设置见表 1。

Table 1. Basic parameters of each sequence scan in MR

表 1. MR 各序列扫描基本参数

序列参数	TSE-T1WI	TSE-FS-PDWI	TSE-FS-PDWI	FSE-FS-T2WI
方位	矢状位	矢状位	冠状位	横轴位
TR (ms)	570	3000	3200	2200
TE (ms)	12	35	30	33
FOV (mm)	280 × 280	280 × 280	200 × 200	200 × 200
Thick (mm)	2.5	3	3	5
Gap (mm)	0.3	0.3	0.3	0.3

注：TR: Repetition time, 重复时间；TE: Echo time, 回波时间；FOV: Field of vision, 视野；Gap: 层间距；Thick: 层厚。

2.3. 图像分析及观察指标

2.3.1. 痛风石观察

(1) 痛风石部位观察：包括第 1~5 跖趾关节、2~5 跖骨间关节、1~5 跗跖关节、跗骨间关节(2 处楔骨间关节、楔骰关节、楔舟关节、舟骰关节、跟骰关节、距跟舟关节、距跟关节)、内踝关节、外踝关节。共 78 名患者，并使用半定量评分系统(0~3 分)评估痛风石沉积的范围，具体如下：无沉积 0 分；单点沉积 1 分，单处沉积 2 分，多处沉积 3 分。统计痛风石沉积总得分。

(2) 痛风石信号：描述为混杂等、低、高信号，等信号参照物为关节周围骨骼肌。

(3) 单个痛风石最长径测量：由 MRI 横轴位联合矢状位图像使用 PACS 工作站标尺测量。

2.3.2. 骨质观察

(1) 骨侵蚀部位观察：包括第 1~5 趾骨底、第 1~5 跖骨头及跖骨底、内侧、中间及外侧楔骨、骰骨、舟骨、距骨、跟骨、胫骨下端、腓骨下端。骨侵蚀定义为在两个不同方位的图像中，连续两个层面检测到

骨皮质断裂。以 RAMRIS 评分系统为基础评估骨侵蚀的有无及严重程度,根据骨侵蚀范围占骨体积的比例计分:无骨侵蚀为 0 分,骨侵蚀比例 0%~10%为 1 分,骨侵蚀比例为 11%~20%为 2 分,骨侵蚀比例为 20%~30%为 3 分……依此类推,最高分为 10 分。统计骨侵蚀严重程度总得分。

(2) 骨侵蚀最大深度测量:在 MRI 横轴位联合矢状位图像使用 PACS 工作站标尺测量。

(3) 骨髓水肿:基于 RAMRIS 评分系统包括无骨髓水肿为 0 分,骨髓水肿的范围占关节软骨下骨质的 1%~33%为 1 分,骨髓水肿的范围占关节软骨下骨质的 34%~66%为 2 分,骨髓水肿的范围占关节软骨下骨质的 67%~100%为 3 分。

2.3.3. 肌腱、韧带观察

观察部位包括第 1 跖趾关节内侧副韧带、踇长伸肌腱、踇长屈肌腱及踇长展肌腱,胫腓前后韧带、距腓前后韧带、内外侧副韧带、腓骨长肌腱、腓骨短肌腱、胫骨前肌腱。肌腱和韧带病变的评估以 RAMRIS 评分系统为基础包括:①形态:正常(0 分)、增粗(1 分),②信号:正常(0 分)、信号轻度增高(1 分)、信号明显增高(2 分),③合并痛风石沉积:无(0 分)、有(1 分)。统计肌腱、韧带病变程度总得分。

2.3.4. 关节积液

选取足踝部 PDWI 矢状位测量关节积液最厚处前后径(mm),关节腔积液的评估参照《血友病骨关节病超声诊断应用推荐方案和共识(2017 年)》中关于膝关节腔积液的评分标准(0~3 分):关节积液 < 3 mm 为 0 分,关节积液 3~5 mm 为 1 分(包括 5 mm),关节积液 5~10 mm 为 2 分,关节积液 > 10 mm 为 3 分。

2.3.5. 其他

观察有无软组织肿胀、有无滑膜增厚、有无骨质增生硬化、有无关节间隙变窄。

上述数据由 2 名经验丰富的影像科医师分析图像并进行记录,当两者意见不一致时共同协商达成一致。

2.4. 统计学分析

应用 SPSS 26 软件进行统计学分析。符合正态分布资料以 Mean ± SD 表示,非正态分布资料以 Q2 (Q1, Q3)表示,连续变量使用配对 t 检验(正态分布资料)及配对 Mann-Whitney U (非正态分布及定性资料)检验,分类变量采用卡方检验。对统计学数据进行二分类 logistic 回归分析,并绘制 ROC 曲线,计算曲线下面积(AUC),根据 ROC 曲线推断最佳截断点,上述数据均以 p < 0.05 为差异有统计学意义。

3. 结果

3.1. 频发型与偶发型痛风的临床资料比较

频发型痛风在病程、BMI、收缩压/舒张压这些指标上均高于偶发型痛风(p < 0.05) (表 2)。

Table 2. Comparison of clinical data between patients with frequent gout flares (FrGF) and infrequent gout flares (InGF)
表 2. 频发与偶发型痛风患者临床资料比较

	频发组(n = 54)	偶发组(n = 24)	χ^2/z	p
年龄(岁)	46 (36, 55)	43 (33, 52)	-0.74	0.059
病程(年)	7 (4, 11)	5 (3, 9)	-2.71	0.004*
BMI (kg/m ²)	27.57 (25.64, 29.41)	26.72 (24.97, 28.72)	-2.95	0.003*
收缩压(mmHg)	136 (128.5, 149)	133 (125, 143)	-3.07	0.002*

续表

舒张压(mmHg)	89 (82.5, 94.5)	85 (77, 92)	-2.68	<0.001*
吸烟史	33 (61.11%)	13 (54.17%)	1.02	0.312
饮酒史	47 (87.04%)	19 (79.17%)	0.38	0.536
药物治疗	26 (48.15%)	9 (37.50%)	2.08	0.109
家族史	26 (48.15%)	13 (54.17%)	0.71	0.401
高血压	14 (25.92%)	5 (20.83%)	1.27	0.261
糖尿病	8 (14.81%)	3 (12.50%)	0.48	0.487
结石	2 (3.70%)	1 (4.17%)	0.24	0.625
手术史	2 (3.70%)	1 (4.17%)	0.08	0.777

*表示 $p < 0.05$ ，差异有统计学意义。

3.2. 频发型与偶发型痛风 MRI 影像表现的差异性

3.2.1. 痛风石观察

频发型痛风在痛风石发生率、痛风石总分均高于偶发型痛风($p < 0.05$)；两组患者最易受痛风石累及部位的前两位均为第一跖趾关节、内踝关节(表 3)。典型病例见图 1。

Table 3. Comparison of tophi findings between FrGF and InGF

表 3. 频发型与偶发型痛风痛风石征象比较

	频发组(n = 54)	偶发组(n = 24)	t/z/ χ^2	p
痛风石[n (%)]	53 (98.14%)	18 (75.00%)	-3.28	<0.001*
单个痛风石最长径(mm)	13.85 (9.60, 23.20)	4.65 (1.65, 7.60)	-5.59	<0.001*
痛风石 T1WI 信号[n (%)]				
低	50 (94.34%)	16 (88.89%)	0.63	0.428
等	3 (5.66%)	2 (11.11%)		
痛风石 FS-T2WI 信号[n (%)]				
低	9 (16.98%)	2 (11.11%)	0.74	0.691
等	2 (3.77%)	1 (4.17%)		
高	42 (79.25%)	15 (83.33%)		
痛风石总分(分)	1 (0, 2)	3 (2, 6)	3.0	0.002*
痛风石沉积部位[n (%)]				
趾间关节	1 (1.85%)	1 (4.17%)	-0.59	0.553
第 1 跖趾关节	33 (61.11%)	10 (41.67%)	-1.58	0.113
第 2~5 跖趾关节	7 (12.96%)	0 (0.00%)	2.33	0.127
跖骨间关节	6 (11.11%)	0 (0.00%)	-0.37	0.711
跗跖关节	6 (11.11%)	2 (8.33%)	0.14	0.710
跗骨关节	8 (14.81%)	0 (0.00%)	2.81	0.094
内踝关节	23 (42.59%)	6 (25.00%)	-1.47	0.140
外踝关节	2 (3.70%)	0 (0.00%)	-0.95	0.343

*表示 $p < 0.05$ ，差异有统计学意义。



(A) 男性，28 岁，频发型痛风。左足踇长屈肌腱周围、足底皮下多发团块状 T2 压脂高信号痛风石影(红色箭头)；(B) 男性，32 岁，偶发型痛风。右足第 1 跖趾关节内侧见结节状 T2 压脂高低混杂信号痛风石影(红色箭头)。

Figure 1. Comparison of MRI images of tophi between FrGF and InGF
图 1. 频发型与偶发型痛风痛风石 MRI 图像对比

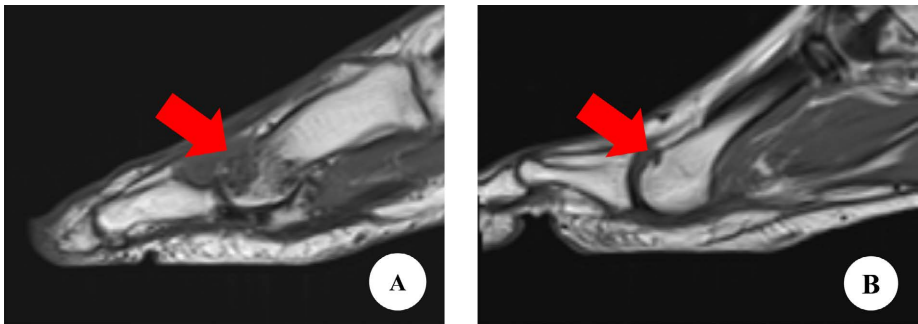
3.2.2. 骨质观察

(1) 骨侵蚀：频发型痛风的骨侵蚀的发生率及骨侵蚀总分均高于偶发型痛风，频发型痛风在楔骨、骰骨、舟骨、距骨、胫腓骨远端骨侵蚀率较偶发型痛风高($p < 0.05$)。两组患者骨侵蚀最易受累部位前 2 位均为第 1 跖骨头、第 1 近节趾骨底(表 4)。典型病例见图 2。

Table 4. Comparison of bone erosion between FrGF and InGF
表 4. 频发型与偶发型痛风骨侵蚀比较

	频发组(n = 54)	偶发组(n = 24)	t/z/ χ^2	p
骨质侵蚀[n (%)]	53 (98.14%)	16 (66.67%)	14.82	<0.001*
骨侵蚀最大深度(mm)	7.25 (5.53, 8.90)	2.05 (0.00, 3.28)	-6.10	<0.001*
骨侵蚀总分(分)	4.50 (2.25, 13.00)	1.00 (0.00, 2.00)	-5.15	<0.001*
骨质侵蚀部位[n (%)]	7.25 (5.53, 8.90)	2.05 (0.00, 3.28)	6.10	<0.001*
第 1 近节趾骨底	28 (51.85%)	7 (29.17%)	3.39	0.066
第 2~5 近节趾骨底	5 (9.26%)	1 (4.17%)	0.87	0.351
第 1 跖骨头	36 (66.67%)	14 (58.33%)	0.17	0.680
第 2~5 跖骨头	5 (9.26%)	1 (4.17%)	0.87	0.351
第 1 跖骨底	8 (14.81%)	3 (12.50%)	0.09	0.765
第 2~5 跖骨底	15 (27.78%)	2 (8.33%)	3.84	0.050
楔骨	12 (22.22%)	0 (0.00%)	7.29	0.007*
骰骨	11 (20.37%)	0 (0.00%)	6.43	0.011*
舟骨	9 (16.67%)	0 (0.00%)	5.33	0.021*
距骨	22 (40.74%)	4 (16.67%)	4.88	0.027*
跟骨	8 (14.81%)	2 (8.33%)	0.49	0.484
胫骨远端	11 (20.37%)	1 (4.17%)	4.62	0.032*
腓骨远端	13 (24.07%)	1 (4.17%)	5.39	0.020*

*表示 $p < 0.05$ ，差异有统计学意义。



(A) 男性，36 岁，频发型痛风。右足第 1 近节趾骨底、第 1 跖骨头见骨侵蚀(红色箭头)；(B) 男性，32 岁，偶发型痛风。右足第 1 跖骨头见穿凿样骨侵蚀(红色箭头)。

Figure 2. Comparison of MRI images of bone erosion between FrGF and InGF
图 2. 频发型与偶发型痛风骨侵蚀 MRI 图像对比

(2) 骨髓水肿：频发型痛风骨髓水肿发生率及骨髓水肿总分均高于偶发型痛风($p < 0.05$)，两组患者在骨髓水肿分布方面无差异。两组患者骨髓水肿最易受累部位前 2 位均为第 1 跖骨头、第 1 近节趾骨底(表 5)。

Table 5. Comparison of bone marrow edema between FrGF and InGF
表 5. 频发型与偶发型痛风骨髓水肿比较

	频发组(n = 54)	偶发组(n = 24)	t/z/ χ^2	p
骨髓水肿[n (%)]	49 (90.74%)	13 (54.17%)	17.64	<0.001*
骨髓水肿总分(分)	4.50 (2.25, 13.00)	1.00 (0.00, 2.00)	-5.15	<0.001*
骨髓水肿部位[n (%)]				
第 1 近节趾骨底	25 (46.30%)	6 (25.00%)	4.06	0.044
第 2~5 近节趾骨底	4 (7.41%)	1 (4.17%)	0.27	0.601
第 1 跖骨头	33 (61.11%)	11 (45.83%)	2.34	0.126
第 2~5 跖骨头	4 (7.41%)	1 (4.17%)	0.27	0.601
第 1 跖骨底	16 (29.63%)	3 (12.50%)	2.68	0.101
第 2~5 跖骨底	10 (18.52%)	2 (8.33%)	1.37	0.243
楔骨	7 (12.96%)	1 (4.17%)	1.40	0.237
骰骨	6 (11.11%)	0 (0.00%)	2.89	0.089
舟骨	4 (7.41%)	0 (0.00%)	1.89	0.169
距骨	19 (35.19%)	4 (16.67%)	2.69	0.101
跟骨	8 (14.81%)	2 (8.33%)	0.63	0.429
胫骨远端	8 (14.81%)	1 (4.17%)	2.36	0.125
腓骨远端	9 (16.67%)	1 (4.17%)	2.32	0.127

*表示 $p < 0.05$ ，差异有统计学意义。

3.2.3. 肌腱、韧带观察

频发型痛风肌腱、韧带病变的发生率及肌腱、韧带病变总分均高于偶发型痛风，频发型与偶发型痛风最易受累的韧带均为第 1 跖趾关节内侧副韧带，最易受累的肌腱均为跟腱(表 6)。典型病例见图 3。

Table 6. Comparison of tendon and ligament lesions between FrGF and InGF
表 6. 频发型与偶发型痛风肌腱、韧带病变比较

	频发组(n = 54)	偶发组(n = 24)	t/z/ χ^2	p
肌腱/韧带病变[n (%)]	42 (77.78%)	10 (41.67%)	10.26	0.001*
肌腱/韧带病变总分(分)	4.50 (2.00, 9.00)	1.00 (0.00, 2.00)	-4.16	<0.001*
肌腱/韧带病变部位[n (%)]				
第 1 跖趾关节内侧副韧带	22 (40.47%)	6 (25.00%)	1.70	0.192
踇长伸肌腱	14 (25.93%)	2 (8.33%)	3.72	0.054
踇长屈肌腱	13 (24.07%)	2 (8.33%)	2.78	0.095
踇长展肌腱	21 (38.89%)	5 (20.83%)	3.20	0.073
胫腓前/后韧带	4 (7.41%)	0 (0.00%)	1.89	0.169
踝关节内侧副韧带	10 (18.52%)	3 (12.50%)	1.37	0.243
踝关节外侧副韧带	8 (14.81%)	1 (4.17%)	0.92	0.125
腓骨长肌腱	2 (3.70%)	0 (0.00%)	0.92	0.338
腓骨短肌腱	2 (3.70%)	0 (0.00%)	0.92	0.338
胫骨前肌腱	8 (14.81%)	1 (4.17%)	2.36	0.125
跟腱	8 (14.81%)	2 (8.33%)	0.68	0.408

*表示 $p < 0.05$ ，差异有统计学意义。



(A) 男性，28 岁，频发型痛风。左踝关节内侧副韧带信号明显增高合并结节状 T2 压脂高信号的痛风石沉积(红色箭头)；(B) 男性，32 岁，偶发型痛风。右踝关节内侧副韧带信号轻度增高(红色箭头)。

Figure 3. Comparison of MRI images of tendon and ligament lesions between FrGF and InGF
图 3. 频发型与偶发型痛风肌腱、韧带病变 MRI 图像对比

3.2.4. 关节积液

频发型痛风关节积液发生率高于偶发型痛风($p < 0.05$) (表 7)。

Table 7. Comparison of joint effusion between FrGF and InGF
表 7. 频发型与偶发型痛风关节积液比较

	频发组(n = 54)	偶发组(n = 24)	t/z/ χ^2	p
关节积液[n (%)]	49 (90.74%)	13 (54.17%)	17.64	<0.001*
关节积液总分(分)	2.00 (1.00, 2.00)	1.00 (0.00, 2.00)	-1.42	0.155

*表示 $p < 0.05$ ，差异有统计学意义。

3.2.5. 其他

频发型痛风软组织肿胀率、滑膜增厚率、骨质增生硬化率、关节间隙变窄/增宽率均高于偶发型痛风 ($p < 0.05$) (表 8)。

Table 8. Comparison of other imaging signs between FrGF and InGF
表 8. 频发型与偶发型痛风其他影像学征象比较

	频发型(n = 54)	偶发型(n = 24)	z/χ^2	p
软组织肿胀[n (%)]	40 (74.07%)	15 (62.50%)	1.07	0.301
滑膜增厚[n (%)]	23 (42.59%)	3 (12.5%)	6.77	0.009*
骨质增生硬化[n (%)]	19 (35.19%)	2 (8.33%)	6.09	0.014*
关节间隙变窄[n (%)]	22 (40.74%)	2 (8.33%)	11.58	0.003*

*表示 $p < 0.05$ ，差异有统计学意义。

3.3. 频发型痛风 MRI 影像表现危险因素分析

痛风石总分高、骨侵蚀总分高及肌腱/韧带病变总分高是频发型痛风的独立危险因素，其中骨侵蚀总分高为频发型痛风的风险为最显著影响因素，每增加 1 分患频发型痛风的风险将提高 2.71 倍，差异有统计学意义($p < 0.05$) (表 9)。典型病例见图 4。

Table 9. Analysis of risk factors for MRI manifestations of FrGF
表 9. 频发型痛风 MRI 影像表现危险因素分析

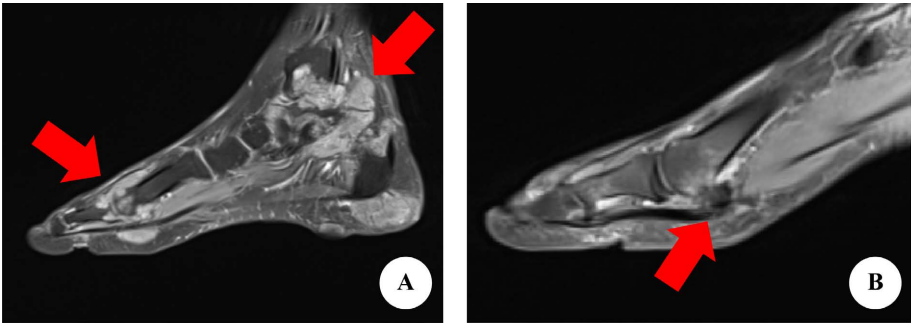
	β	p	OR	95% CI
痛风石沉积[n (%)]	1.59	0.981	4.92	0.00~156.83
痛风石总分(分)	0.48	0.005*	1.65	1.16~2.23
单个痛风石最长径(mm)	1.05	0.075	2.87	0.90~9.18
骨质侵蚀[n (%)]	19.22	0.993	Inf	0.00~Inf
骨侵蚀最大深度(mm)	0.75	0.064	2.12	0.96~4.71
骨侵蚀总分(分)	0.87	0.007*	2.71	1.27~4.46
骨髓水肿[n (%)]	0.72	0.488	2.05	0.27~15.67
骨髓水肿总分(分)	-0.56	0.283	0.57	0.21~1.59
肌腱/韧带病变[n (%)]	-1.79	0.149	0.17	0.01~1.89
肌腱/韧带病变总分(分)	0.44	0.019*	1.55	1.08~2.24
关节积液[n (%)]	-0.21	0.803	0.81	0.16~4.11
滑膜增厚[n (%)]	2.32	0.605	10.19	0.00~27.04
骨质增生硬化[n (%)]	0.05	0.978	1.05	0.04~30.06
关节间隙变窄[n (%)]	-4.15	0.399	0.02	0.00~243.05
常量		<0.001		

*表示 $p < 0.05$ ，差异有统计学意义。

3.4. MRI 组频发型痛风受试者工作特征曲线(ROC)的建立

选取痛风石总分、骨侵蚀总分、肌腱、韧带病变总分进行 ROC 分析，ROC 曲线下的面积(AUC)均大

于 0.5 (图 5)。以上三因素联合共同识别痛风频发风险的患者时 AUC 最高, 为 0.936 (95% CI 0.882~0.990), 其敏感度为 92.6%、特异度为 83.3%, 差异有统计学意义($p < 0.05$) (表 10)。



(A) 男性, 26 岁, 频发型痛风。TSE-FS-PDWI 矢状位示右足第 1 跖趾关节及内踝关节、多发跖骨周围多发团块状混杂高信号影, 邻近可见骨质破坏及关节面下骨髓水肿(红色箭头), 周围软组织肿胀, 累及第 1 跖趾关节踇长伸肌腱、踇长屈肌腱、踝关节内侧副韧带及跟腱; (B) 男性, 43 岁, 偶发型痛风。TSE-FS-PDWI 矢状位示右足第 1 跖趾关节下见结节状混杂低信号影(红色箭头), 邻近可见骨质破坏及关节面下骨髓水肿, 周围软组织肿胀, 第 1 跖趾关节踇长屈肌腱略增粗, PDWI 信号轻度升高。

Figure 4. Comparison of MRI images between FrGF and InGF
图 4. 频发型与偶发型痛风 MRI 图像对比

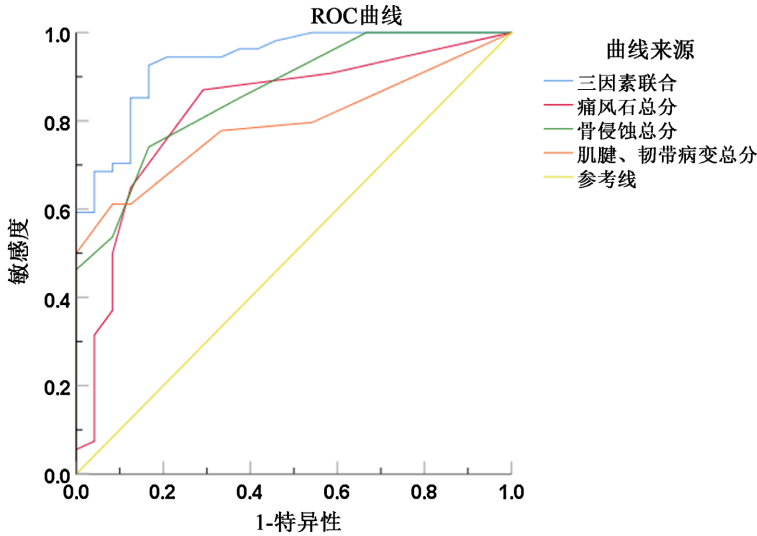


Figure 5. ROC of MRI imaging manifestations of FrGF
图 5. 频发型痛风 MRI 影像表现 ROC

Table 10. Comparison of the AUC values of risk factors related to FrGF

表 10. 频发型痛风相关危险因素 AUC 值比较

指标	约登指数	p	AUC (95% CI)	敏感度	特异度	Cut-Off
三因素联合	0.546	<0.001*	0.936 (0.882~0.990)	0.926	0.833	—
痛风石总分(分)	0.481	<0.001*	0.824 (0.719~0.929)	0.870	0.708	1.000
骨侵蚀总分(分)	0.481	<0.001*	0.864 (0.783~0.945)	0.741	0.833	2.000
肌腱、韧带病变总分(分)	0.509	<0.001*	0.792 (0.695~0.889)	0.661	0.917	3.000

*表示 $p < 0.05$, 差异有统计学意义。

4. 讨论

本研究表明相较于偶发型痛风, 频发型痛风足踝部 MRI 影像表现的痛风石累及范围更广、骨侵蚀程度更严重、肌腱韧带病变更严重。痛风石为痛风的特征性影像学表现, 本研究显示多数痛风石在 T1WI 上呈等低信号, 在 FS-T2WI 信号不具有特异性, 这可能与痛风石成分相关, FS-T2WI 高信号可能与痛风石中心的蛋白成分有关, 低信号可能与其中的钙化、纤维组织、晶体、含铁黄素沉积有关[6][7], 本研究中频发型与偶发型痛风痛风石的分布无明显区别, 均好发于第 1 跖趾关节及内、外踝区, 与既往文献相符[8], 这可能与足踝部处于肢体头, 组织温度低、为骨关节炎的易感部位及承受生物力学应力大等因素相关[6]。既往频发型与偶发型痛风 MRI 研究较少, 本研究发现痛风石得分高是痛风频发的重要影响因素, 这可能与痛风石可触发炎症反应相关, 频发型痛风患者痛风石总分高, 痛风石累计范围广、程度高, MSU 晶体负荷重, 体内炎症因子活跃, 更易导致痛风发作[9]。

骨侵蚀为痛风常见的影像学征象, 基于 MRI 痛风性关节炎研究显示[10]痛风骨侵蚀从外向内进展, 这表明痛风石最初是对骨表面产生了一定的机械压力, 此后在被侵蚀的骨表面持续增长, 导致局部软骨下骨小梁塌陷和吸收, 最终形成骨侵蚀[11]。本文发现痛风患者骨侵蚀总分高更易痛风频发, 这与骨侵蚀与痛风发作相互促进相关, 骨侵蚀产生的炎症介质会刺激神经末梢, 还会引起局部血管扩张、组织水肿和发热, 导致痛风发作[12]。严重的骨侵蚀导致关节结构破坏, 使关节稳定性下降, 更容易受到机械性刺激, 从而诱发痛风发作[13][14]。

一项有关超声检测痛风石沉积的研究显示[4]肌腱是晶体沉积最常见的好发部位, 以下肢肌腱累及更常见[15], 本研究显示韧带中以内侧三角韧带(距骨跟骨端)、距腓后韧带受累较多, 肌腱以跟腱为主, 与既往研究相符。这与痛风发病机制相关[16][17], 目前已知富含亮氨酸重复序列和含 pyrin 结构域-3 可与 MSU 晶体相互作用, 诱导单核巨噬细胞的吞噬[18], 启动炎症级联反应, 导致基质破坏, 从而引起肌腱韧带的损伤[19]。本研究显示足踝部肌腱韧带病变评分每增加 1 分, 患者为频发型痛风的风险将上升 1.53 倍, 这可能与频发型痛风的 MSU 晶体负荷大[19]-[21], 其介导的炎症反应更剧烈, 因此肌腱韧带病变程度大相关。此外本研究中 ULT 药物治疗对痛风发作没有显著影响, 这可能与频发型与偶发型痛风的发病机制相关, 特别是与嘌呤代谢的基因相关[22]。

综上所述频发型与偶发型痛风在影像学上最易受痛风石累及的部位为第一跖趾关节、内踝关节, 最易发生骨侵蚀的部位为第一跖骨头、第 1 近节趾骨底, 最易受累的韧带为第 1 跖趾关节内侧副韧带, 最易受累的肌腱为跟腱。频发型痛风与痛风石累及范围更广、骨侵蚀累及关节更多、肌腱韧带病变更严重。MRI 对于分类的诊断价值高, 为 MRI 用于痛风患者分型及精准治疗提供理论依据。

本研究也有几个局限性: (1) 患者对痛风发作次数的描述存在回忆偏差; (2) 本研究仅针对足踝部痛风患者, 分析部位较局限, 未来研究需要对频发型与偶发型痛风性关节炎进行更全面的分析; (3) 最后本研究仅针对男性痛风患者, 未来的研究需要比较男性和女性患者与痛风患者的差异。

参考文献

- [1] 刘鑫琦, 马利丹, 高千惠, 等. 痛风频发危险因素分析[J]. 中华内分泌代谢杂志, 2020, 36(2): 95-99.
- [2] 中华医学会内分泌学分会. 中国高尿酸血症与痛风诊疗指南(2019) [J]. 中华内分泌代谢杂志, 2020, 36(1): 1-13.
- [3] 王成达, 刘欣, 张言巧子, 等. 平扫 CT 和双能量 CT 联合应用对早期痛风的诊断价值[J]. 实用放射学杂志, 2022, 38(12): 2047-2050.
- [4] 彭喆, 丁亚敏, 裴林, 等. 痛风患者发生关节及肌腱内晶体沉积的临床特点[J]. 北京大学学报(医学版), 2021, 53(6): 1067-1071.
- [5] Filippucci, E., Reginato, A.M. and Thiele, R.G. (2020) Imaging of Crystalline Arthropathy in 2020. *Best Practice &*

- Research Clinical Rheumatology*, **34**, Article ID: 101595. <https://doi.org/10.1016/j.berh.2020.101595>
- [6] 吴海燕, 罗铎, 但倩. 痛风性踝关节炎的 MRI 表现[J]. 医学影像学杂志, 2022, 32(5): 831-834+841.
- [7] Khoo, J.N. and Tan, S.C. (2011) MR Imaging of Tophaceous Gout Revisited. *Singapore Medical Journal*, **52**, 840-846.
- [8] 叶勇军, 卢陈英, 周宝鹤, 等. 痛风性踝关节炎关节软骨 T2 值与软骨损伤的相关性研究[J]. 医学影像学杂志, 2023, 33(4): 628-631.
- [9] Wang, Q., Chen, B., Zhang, Z., Tang, X. and Li, Y. (2024) Correlations of Characteristics with Tissue Involvement in Knee Gouty Arthritis: Magnetic Resonance Imaging Analysis. *Heliyon*, **10**, e31888. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31888>
- [10] 曹国平, 罗松, 邓小毅, 等. 痛风性膝关节炎 MRI 骨侵蚀、骨髓水肿、滑膜炎与痛风石的相关性研究[J]. 医学影像学杂志, 2020, 30(3): 456-459.
- [11] Dalbeth, N., Botson, J., Saag, K., Kumar, A., Padnick-Silver, L., LaMoreaux, B., *et al.* (2024) Monosodium Urate Crystal Depletion and Bone Erosion Remodeling during Pegloticase Treatment in Patients with Uncontrolled Gout: Exploratory Dual-Energy Computed Tomography Findings from MIRROR Rct. *Joint Bone Spine*, **91**, Article ID: 105715. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2024.105715>
- [12] Garcia-Guillen, A., Stewart, S., Su, I., Taylor, W.J., Gaffo, A.L., Gott, M., *et al.* (2022) Gout Flare Severity from the Patient Perspective: A Qualitative Interview Study. *Arthritis Care & Research*, **74**, 317-323. <https://doi.org/10.1002/acr.24475>
- [13] Dalbeth, N., Doyle, A.J., Billington, K., Gamble, G.D., Tan, P., Latto, K., *et al.* (2022) Intensive Serum Urate Lowering with Oral Urate-Lowering Therapy for Erosive Gout: A Randomized Double-Blind Controlled Trial. *Arthritis & Rheumatology*, **74**, 1059-1069. <https://doi.org/10.1002/art.42055>
- [14] Stewart, S., Guillen, A.G., Taylor, W.J., Gaffo, A., Slark, J., Gott, M., *et al.* (2020) The Experience of a Gout Flare: A Meta-Synthesis of Qualitative Studies. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, **50**, 805-811. <https://doi.org/10.1016/j.semarthrit.2020.06.001>
- [15] Wang, Y., Deng, X.R., Ji, L.L., *et al.* (2020) Risk Factors and Diagnostic Value for Ultrasound-Detected Tendon Monosodium Urate Crystal Deposition in Patients with Gout. *Journal of Peking University Health Sciences*, **53**, 143-149.
- [16] Andia, I. and Abate, M. (2016) Hyperuricemia in Tendons. In: Ackermann, P.W. and Hart, D.A., Eds., *Metabolic Influences on Risk for Tendon Disorders*, Springer International Publishing, 123-132. https://doi.org/10.1007/978-3-319-33943-6_11
- [17] Klück, V., Liu, R. and Joosten, L.A.B. (2021) The Role of Interleukin-1 Family Members in Hyperuricemia and Gout. *Joint Bone Spine*, **88**, Article ID: 105092. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2020.105092>
- [18] Dinarello, C.A. (2019) The IL-1 Family of Cytokines and Receptors in Rheumatic Diseases. *Nature Reviews Rheumatology*, **15**, 612-632. <https://doi.org/10.1038/s41584-019-0277-8>
- [19] Pascart, T., Grandjean, A., Capon, B., Legrand, J., Namane, N., Ducoulombier, V., *et al.* (2018) Monosodium Urate Burden Assessed with Dual-Energy Computed Tomography Predicts the Risk of Flares in Gout: A 12-Month Observational Study: MSU Burden and Risk of Gout Flare. *Arthritis Research & Therapy*, **20**, Article No. 210. <https://doi.org/10.1186/s13075-018-1714-9>
- [20] Dalbeth, N., Billington, K., Doyle, A., Frampton, C., Tan, P., Aati, O., *et al.* (2019) Effects of Allopurinol Dose Escalation on Bone Erosion and Urate Volume in Gout: A Dual-Energy Computed Tomography Imaging Study within a Randomized, Controlled Trial. *Arthritis & Rheumatology*, **71**, 1739-1746. <https://doi.org/10.1002/art.40929>
- [21] Bardin, T. and Richette, P. (2017) Impact of Comorbidities on Gout and Hyperuricaemia: An Update on Prevalence and Treatment Options. *BMC Medicine*, **15**, Article No. 123. <https://doi.org/10.1186/s12916-017-0890-9>
- [22] Wang, M., Li, R., Qi, H., Pang, L., Cui, L., Liu, Z., *et al.* (2023) Metabolomics and Machine Learning Identify Metabolic Differences and Potential Biomarkers for Frequent versus Infrequent Gout Flares. *Arthritis & Rheumatology*, **75**, 2252-2264. <https://doi.org/10.1002/art.42635>