

基于磁共振成像的Kager's脂肪垫的几何形态分析

张昊川, 孙士庆, 王宏睿, 陈海松, 周锐志*

青岛大学附属医院放射科, 山东 青岛

收稿日期: 2025年6月24日; 录用日期: 2025年7月18日; 发布日期: 2025年7月24日

摘要

目的: 探究Kager's脂肪垫(Kager's fat pad, KFP)的几何形态与性别、侧别、年龄以及跟腱损伤有无关系。方法: 回顾性分析我院150例跟腱损伤(包括急性损伤及跟腱炎、跟腱变性等慢性损伤)患者(病例组)及150例健康跟腱者(对照组)的KFP的几何形态, 两组人员分别按照性别、侧别、年龄进行分组, 在T1WI上测量不同组别KFP的矢状面最大面积、宽度、厚度并进行对比。结果: 病例组KFP矢状面最大面积及厚度 < 对照组, 差异有统计学意义($P < 0.05$), 两组矢状面最大宽度差异无统计学意义($P > 0.05$); 病例组与对照组中, 男性组KFP矢状面最大宽度、厚度 > 女性组, 差异有统计学意义($P < 0.05$), 不同性别组KFP矢状面最大面积差异无统计学意义($P > 0.05$); 不同侧别组KFP矢状面最大面积、宽度、厚度差异无统计学意义($P > 0.05$); 40岁及以下年龄组KFP矢状面最大面积、宽度、厚度均>40岁以上年龄组, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。结论: 跟腱损伤患者KFP的几何形态与跟腱正常者存在显著差异, 其KFP矢状面最大面积及厚度 < 跟腱正常组, 说明KFP的几何形态能一定程度反映跟腱退变、损伤, 且与年龄、性别等因素有关。

关键词

Kager's脂肪垫, 磁共振成像, 跟腱损伤, 几何形态

Geometric Morphological Analysis of Kager's Fat Pad Based on Magnetic Resonance Imaging

Haochuan Zhang, Shiqing Sun, Hongrui Wang, Haisong Chen, Ruizhi Zhou*

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

Received: Jun. 24th, 2025; accepted: Jul. 18th, 2025; published: Jul. 24th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 张昊川, 孙士庆, 王宏睿, 陈海松, 周锐志. 基于磁共振成像的 Kager's 脂肪垫的几何形态分析[J]. 临床医学进展, 2025, 15(7): 1433-1439. DOI: 10.12677/acm.2025.1572144

Abstract

Objective: To investigate whether the geometric morphology of Kager's fat pad (KFP) is associated with gender, side, age, and the presence of Achilles tendon injury. **Methods:** A retrospective analysis was conducted on the geometric morphology of KFP in 150 patients with Achilles tendon injuries (including acute injuries and chronic conditions such as tendinitis and tendinopathy) (case group) and 150 healthy individuals with normal Achilles tendons (control group). Both groups were stratified by gender, side, and age. On T1-weighted imaging (T1WI), the maximum sagittal area, width, and thickness of KFP were measured and compared between different groups. **Results:** The maximum sagittal area and thickness of KFP in the case group were significantly smaller than those in the control group ($P < 0.05$), while there was no significant difference in the maximum sagittal width between the two groups ($P > 0.05$). Within both the case and control groups, the maximum sagittal width and thickness of KFP were significantly greater in males than in females ($P < 0.05$), but there was no significant difference in the maximum sagittal area between genders ($P > 0.05$). There were no significant differences in the maximum sagittal area, width, or thickness of KFP between different sides ($P > 0.05$). The maximum sagittal area, width, and thickness of KFP were significantly greater in individuals aged 40 years or younger compared to those older than 40 years ($P < 0.05$). **Conclusion:** There are significant differences in the geometric morphology of KFP between patients with Achilles tendon injuries and those with normal tendons. The smaller maximum sagittal area and thickness in the injured group suggest that KFP morphology can reflect Achilles tendon degeneration and injury to some extent, and is associated with factors such as age and gender.

Keywords

Kager's Fat Pad, Magnetic Resonance Imaging (MRI), Achilles Tendon Injury, Geometric Morphology

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

Kager's 脂肪垫(Kager's fat pad, KFP), 又称为跟骨后脂肪垫(posterior calcaneal fat pad)、跟腱前脂肪垫(pre-Achilles fat pad), 是位于踝关节后方的团块状脂肪组织, 与踇长屈肌腱(flexor hallucis longus, FHL)、跟骨(calcaneus)及跟腱(Achilles tendon)关系密切, 位于三者围成的三角形区域中, 该区域也被称之为 Kager's 三角[1] [2]。跟腱是人体最粗壮的肌腱之一, 其运动时可以承受高达人体重 10~12 倍的负荷, 跟腱上端由比目鱼肌与腓肠肌汇合而成, 下端附着于跟骨, 长度大约有 15 cm。跟腱由上到下呈宽 - 窄 - 宽的形状, 在跟腱的下 80%处最窄, 因而此处跟腱最易受伤[3]。跟腱受胫后动脉和腓动脉双重血供, 但是其血供较为有限, 同时跟腱极易受到与负重活动相关的重复性微创伤, 由于其较为有限的血供, 在承受这些重复性微创伤时, 跟腱的自我修复能力不佳, 极易发生变性以及急、慢性损伤。KFP 位于跟腱前方, 与跟腱紧密相贴, 研究表明 KFP 对跟腱具有保护作用, 尤其在踝关节屈曲时, 可以缓冲其中神经和血管的压力变化, 从而起到保护作用[4]。本研究主要基于跟腱损伤患者与跟腱正常者的 MR 图像, 通过比较跟腱损伤患者与跟腱正常者 Kager's 脂肪垫的几何形态的差异, 从而探究 Kager's 脂肪垫的几何形态对于诊断跟腱损伤是否有指导意义, 并分析 Kager's 脂肪垫在不同年龄、性别、侧别的几何形态是否存在差异。

2. 资料与方法

2.1. 研究对象

回顾性选择 2023 年 1 月至 2024 年 12 月于我院行踝关节 MR 检查者 300 例, 包含跟腱损伤患者(病例组) 150 例(其中男性 82 例, 女性 68 例; 左踝 80 例, 右踝 70 例; 年龄 15~76 岁, 40 岁及以下者 77 例, 40 岁以上者 73 例), 跟腱正常者(对照组) 150 例(其中男性 72 例, 女性 78 例; 左踝 76 例, 右踝 74 例; 年龄 13~74 岁, 40 岁及以下者 81 例, 40 岁以上者 69 例)。

病例组纳入标准: ① 横轴位以及矢状位压脂像可于跟腱内观察到高信号影; ② 跟腱前后缘平行结构消失, 局部可见跟腱前后径增加; ③ 跟腱周围可见环形或半环形压脂像高信号影。对照组纳入标准: 跟腱前后缘平行, 形态规整, 内部及周围未见明显异常信号影。两组排除标准: ① 踝部曾行手术治疗, 结构紊乱; ② 跟腱完全断裂, 周围脂肪间隙模糊; ③ 各种原因导致踝关节软组织广泛水肿; ④ 跟腱周围存在占位性疾病, 影响测量; ⑤ 踇长屈肌腱周围以及跟骨后存在大量积液。

2.2. MRI 检查方法

本研究采用 3.0 T MR (GE Discovery MR750 3.0 T), 踝关节专用线圈, 患者取仰卧位, 足先进, 足掌与身体长轴垂直, 使足踝部位尽量靠近主磁场及线圈的中心。扫描序列及参数: ① 横轴位脂肪抑制 PDWI, TR 3720 ms, TE 25.44 ms, 层厚 4 mm, FOV 160 mm × 160 mm; ② 冠状位脂肪抑制 T2WI, TR 2360 ms, TE 25.56 ms, 层厚 4 mm, FOV 136 mm × 136 mm; ③ 矢状位 T1WI, TR 620 ms, TE 11.98 ms, 层厚 4 mm, FOV 170 mm × 170 mm; ④ 矢状位脂肪抑制 PDWI, TR 620 ms, TE 11.98 ms, 层厚 4 mm, FOV 170 mm × 170 mm。

2.3. 图像分析与测量

由两名经验丰富的放射科医生采用双盲法独立阅片, 通过踝关节矢状位 T1WI 图像与横轴位脂肪抑制 PDWI 图像交互参考, 确定经过跟腱正中矢状切面的 T1WI 图像, 并于此切面测量 KFP 矢状面面积、宽度(图 1)及最大厚度(图 2), 取平均值, 若二者测量数据数值差异较大, 则重新阅片二者共同重新测量, 商定最终测量数据。

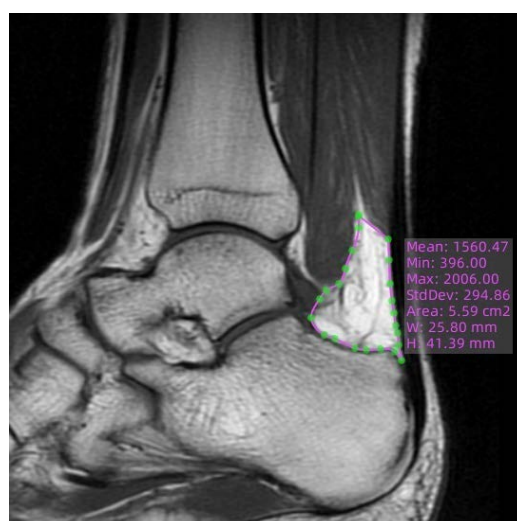


Figure 1. The measure the maximum area and width of KFP in the sagittal image

图 1. 测量 KFP 矢状面最大面积与宽度



Figure 2. The measure the maximum thickness of KFP in the sagittal image
图 2. 测量 KFP 矢状面最大厚度

2.4. 统计学分析

使用 SPSS 27.0 统计软件分析数据。计量资料进行正态性检验(Shapiro-Wilk 检验),符合正态分布的以 $\bar{x} \pm s$ 表示。病例组与对照组以及不同性别、侧别、年龄组测量值差异的比较分别进行独立样本 t 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3. 结果

3.1. 跟腱正常组不同性别、侧别、年龄组几何形态特征比较

跟腱正常组,矢状面最大面积($4.13 \sim 13.16$) cm^2 , 平均(8.15 ± 2.02) cm^2 ; 矢状面最大宽度($17.98 \sim 37.73$) mm, 平均(26.35 ± 4.19) mm; 矢状面最大厚度($16.45 \sim 33.86$) mm, 平均(24.37 ± 3.88) mm。男性组矢状面最大宽度、厚度 > 女性组, 差异有统计学意义($P < 0.05$), 不同性别组矢状面最大面积差异无统计学意义($P > 0.05$); 不同侧别矢状面最大面积、宽度、厚度差异无统计学意义($P > 0.05$); 40 岁及以下年龄组矢状面最大面积、宽度、厚度均>40 岁以上年龄组, 差异有统计学意义($P < 0.05$) (表 1、表 2)。

Table 1. Geometric morphology data of the control group ($\bar{x} \pm s$)

表 1. 对照组几何形态数据($\bar{x} \pm s$)

几何形态特征	男性	女性	左侧	右侧	年龄 ≤ 40	年龄 > 40
矢状面最大面积(cm^2)	8.19 ± 2.03	8.11 ± 2.01	8.24 ± 2.17	8.05 ± 1.86	8.67 ± 2.04	7.78 ± 1.93
矢状面最大宽度(mm)	27.42 ± 4.26	25.37 ± 3.89	26.85 ± 4.11	25.83 ± 4.22	27.11 ± 4.21	25.46 ± 4.00
矢状面最大厚度(mm)	25.35 ± 3.93	23.48 ± 3.64	24.82 ± 3.81	23.92 ± 3.93	24.96 ± 4.07	23.70 ± 3.56

Table 2. Geometric morphology comparison of the control group

表 2. 对照组几何形态比较

几何形态特征	t ₁	P ₁	t ₂	P ₂	t ₃	P ₃
矢状面最大面积	0.23	>0.05	0.59	>0.05	2.12	<0.05
矢状面最大宽度	3.10	<0.05	1.50	>0.05	2.45	<0.05
矢状面最大厚度	3.05	<0.05	1.42	>0.05	2.01	<0.05

注: t₁、P₁, t₂、P₂, t₃、P₃ 分别代表对照组不同性别组、侧别组、年龄组的 t 值和 P 值。

3.2. 跟腱病组不同性别、侧别、年龄组几何形态特征比较

跟腱病组，矢状面最大面积(4.06~14.24) cm²，平均(7.54 ± 1.80) cm²；矢状面最大宽度(16.70~39.36) mm，平均(25.66 ± 3.97) mm；矢状面最大厚度(15.90~35.99) mm，平均(23.29 ± 3.42) mm。男性组矢状面最大宽度、厚度 > 女性组，差异有统计学意义(P < 0.05)，不同性别组矢状面最大面积差异无统计学意义(P > 0.05)；不同侧别矢状面最大面积、宽度、厚度差异无统计学意义(P > 0.05)；40 岁及以下年龄组矢状面最大面积、宽度、厚度均>40 岁以上年龄组，差异有统计学意义(P < 0.05) (表 3、表 4)。

Table 3. Geometric morphology data of the case group ($\bar{x} \pm s$)

表 3. 病例组几何形态数据($\bar{x} \pm s$)

几何形态特征	男性	女性	左侧	右侧	年龄 ≤ 40	年龄 > 40
矢状面最大面积(cm ²)	7.78 ± 1.83	7.24 ± 1.73	7.56 ± 1.94	7.52 ± 1.64	7.83 ± 2.04	7.21 ± 1.45
矢状面最大宽度(mm)	26.53 ± 4.23	24.59 ± 3.36	26.24 ± 3.82	24.98 ± 4.07	26.59 ± 4.30	24.65 ± 3.34
矢状面最大厚度(mm)	23.93 ± 3.68	22.50 ± 2.90	23.59 ± 3.39	22.94 ± 3.44	24.02 ± 3.74	22.51 ± 2.85

Table 4. Geometric morphology comparison of the case group

表 4. 病例组几何形态比较

几何形态特征	t ₄	P ₄	t ₅	P ₅	t ₆	P ₆
矢状面最大面积	1.86	>0.05	0.13	>0.05	2.11	<0.05
矢状面最大宽度	3.05	<0.05	1.95	>0.05	3.06	<0.05
矢状面最大厚度	2.60	<0.05	1.15	>0.05	2.77	<0.05

注：t₄、P₄、t₅、P₅、t₆、P₆ 分别代表病例组不同性别组、侧别组、年龄组的 t 值和 P 值。

3.3. 病例组与对照组几何形态特征比较

病例组矢状面最大面积、厚度 < 对照组，差异有统计学意义(P < 0.05)，病例组 KFP 矢状面最大宽度小于对照组，差异无统计学意义(P > 0.05) (表 5)。其中病例组与对照组之间最大面积差异更为显著，诊断效能更高(差异效应量采用 Cohen’s d 测定，最大面积 Cohen’s d 值为 0.60，最大厚度 Cohen’s d 值为 0.45)。

Table 5. Comparison of geometric morphology between the case group and control group ($\bar{x} \pm s$)

表 5. 病例组与对照组之间比较($\bar{x} \pm s$)

几何形态特征	病例组	对照组	t 值	P 值
矢状面最大面积(cm ²)	7.54 ± 1.80	8.15 ± 2.02	2.77	<0.05
矢状面最大宽度(mm)	25.66 ± 3.97	26.35 ± 4.19	1.47	>0.05
矢状面最大厚度(mm)	23.29 ± 3.42	24.37 ± 3.88	2.57	<0.05

4. 讨论

人体关节周围多含有一定的脂肪成分聚积构成“脂肪垫”，如肘关节周围的前、后脂肪垫、膝关节周围的髌下脂肪垫(infrapatellar fat pad, IPFP)以及踝关节周围的 Kager’s 脂肪垫等，这些脂肪垫结构不仅在机体静态时填充于关节间隙内，维持关节稳定，还与关节的活动密切相关。目前，已有研究表明，髌

下脂肪垫, 又称 Hoffa 脂肪垫, 与膝关节骨关节炎的产生和发展有关, 并且可通过基于 MRI 的髌下脂肪垫的三维纹理在一定程度上预测膝关节骨关节炎的发展[5]-[7]。

Kager's 脂肪垫同样对维持踝关节的稳定, 尤其是在保护跟腱方面, 起着极其重要的作用。KFP 是后踝部的一个脂肪组织团块, 内部由三部分组成, 分别为位于浅表的“跟腱相关部”、位于深部的“跖长屈肌腱相关部”以及“跟骨附近的滑囊楔部”: 跖长屈肌腱相关部有助于踝关节跖屈时移动滑囊楔; 跟腱相关部可保护跟腱的供血动脉; 跟骨附近的滑囊楔部可以最大限度地减少滑囊的压力变化, 同时参与跟腱前轮廓和远端部分的润滑, 均匀分布跟腱附着点的应力, 并清除跟骨后滑囊中的碎屑; 三者协同作用, 对跟腱进行有效的保护[1]。多项研究表明, KFP 不仅在静态条件下, 可以为跟腱提供一种“减震器”的作用, 对跟腱受到的创伤提供一种生理性缓冲, 同时在跟腱主动屈曲时, 对于吸收跟腱畸形和产生推力有着辅助作用, 若去除 KFP, 跟腱屈曲时曲率显著增大[8][9]。分别有研究者通过 MR 和超声动态观察踝关节主动运动过程发现, 在运动过程中 KFP 在跟骨后滑囊间隙形成舌状延伸, 进出于跟腱和跟骨之间的空间, 平衡跟腱所受压力[8][10][11]。Szaro 等人发现, KFP 内部存在复杂的筋膜整合结构, 这种整合结构发生改变会引发跟腱疾病[2]; 同时 Screen 等人发现, 几种炎症标志物的表达在跟腱病患者的 KFP 中上调, 提示 KFP 炎症状态和代谢改变与跟腱病有一定的联系性[12]。以上研究均说明, KFP 对于维持跟腱的正常结构和稳定意义重大。

赵倩等人发现, 膝关节骨关节炎患者与膝关节正常者 IPFP 的几何形态存在一定的差异, 膝关节骨关节炎患者 IPFP 的矢状面最大面积及厚度 < 膝关节正常者[13]。Romero-Morales 等人通过超声观察发现, 跟腱病患者 KFP 长度略小于跟腱正常者[14]。对比于超声, MR 检查能够更全面地表现踝关节的整体结构, 并且对于踝关节深部的结构以及踝关节软组织损伤, MR 检查具有更佳的显示效果[15][16]。但目前基于 MR 图像的 KFP 几何形态的相关研究仍较少, 本研究主要通过对跟腱损伤患者与跟腱正常者 KFP 几何特征发现——跟腱损伤患者 KFP 矢状面最大面积及厚度 < 跟腱正常者, 与前者 IPFP 在膝关节骨关节炎患者的改变类似, 说明脂肪垫成分对周围结构确实有一定的保护作用, 这也在一定程度上反映 KFP 的几何形态对跟腱损伤的诊断有一定的指导意义, 若其矢状面面积、厚度小, 则倾向于跟腱有损伤或变性的可能。分析造成本结果的可能原因为: 一方面, 较小的 KFP 在跟腱受到创伤时对于跟腱的保护能力较弱, 使得跟腱遭受更大的冲击; 另一方面, 较小的 KFP 对跟腱周围血管以及神经的保护能力减弱, 导致跟腱自我修复能力下降; 二者共同导致跟腱变性、损伤。

田宁等人发现, 不同性别、年龄组 IPFP 的几何形态也存在一定的差异[17], 本研究分别对比病例组与对照组两组不同性别、侧别、年龄组 KFP 几何形态发现, 对照组、病例组男性的矢状面最大宽度、厚度 > 女性组; 两组不同侧别之间矢状面最大面积、宽度, 厚度均无统计学差异; 40 岁及以下年龄组 KFP 矢状面最大面积、宽度、厚度均>40 岁以上年龄组; 本研究结果与其结果所反映的趋势相一致。分析男女性别组 KFP 几何形态存在差异原因: 一方面由于男女性体态的差异, 男性一般较女性强壮, 解剖结构的几何形态略大于女性; 另一方面从功能角度出发, 可能为男性的体重负荷以及运动量多于女性, 男性跟腱日常承受的压力更大, 男性跟腱需要更强的保护作用的结果。而不同年龄组的 KFP 几何形态不同则在一定程度上说明 KFP 有随着年龄的增加而逐渐发生退变的趋势。

本研究仍有几个局限性。第一, 影响 KFP 几何形态的因素多种多样, 本研究探究的因素仍有一定的不足, BMI、职业等因素暂未纳入研究; 第二, 对于跟腱损伤与正常者 KFP 的几何形态的差异暂未得出定量结果。仍需要继续扩大样本量并细化影响因素。

总之, 本研究通过踝关节的 MR 影像分析得出, KFP 几何形态对于跟腱损伤的诊断和验证具有一定的指导意义, 跟腱损伤患者 KFP 矢状面最大面积及厚度 < 跟腱正常者, 二者存在显著差异, 且 KFP 的几何形态与年龄、性别等因素有关。

基金项目

国家自然科学基金资助项目(81571673)。

伦理说明

本研究获得青岛大学附属医院医学伦理委员会批准(审批号: QYFY WZLL 30272)。

参考文献

- [1] Theobald, P., Bydder, G., Dent, C., Nokes, L., Pugh, N. and Benjamin, M. (2006) The Functional Anatomy of Kager's Fat Pad in Relation to Retrocalcaneal Problems and Other Hindfoot Disorders. *Journal of Anatomy*, **208**, 91-97. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2006.00510.x>
- [2] Szaro, P., Polaczek, M. and Ciszek, B. (2020) The Kager's Fat Pad Radiological Anatomy Revised. *Surgical and Radiologic Anatomy*, **43**, 79-86. <https://doi.org/10.1007/s00276-020-02552-1>
- [3] Dederer, K.M. and Tennant, J.N. (2019) Anatomical and Functional Considerations in Achilles Tendon Lesions. *Foot and Ankle Clinics*, **24**, 371-385. <https://doi.org/10.1016/j.fcl.2019.04.001>
- [4] Rodríguez-Sanz, D., Losa-Iglesias, M.E., de Bengoa-Vallejo, R.B., Sánchez-Milá, Z., Dorgham, H.A.A., Elerian, A.E., et al. (2023) A New Test for Achilles Tendinopathy Based on Kager's Fat Pad Clinical Assessment Predictive Values. *Journal of Clinical Medicine*, **12**, Article No. 5183. <https://doi.org/10.3390/jcm12165183>
- [5] Zeng, N., Yan, Z., Chen, X. and Ni, G. (2020) Infrapatellar Fat Pad and Knee Osteoarthritis. *Aging and Disease*, **11**, 1317-1328. <https://doi.org/10.14336/ad.2019.1116>
- [6] Li, J., Fu, S., Gong, Z., Zhu, Z., Zeng, D., Cao, P., et al. (2022) MRI-Based Texture Analysis of Infrapatellar Fat Pad to Predict Knee Osteoarthritis Incidence. *Radiology*, **304**, 611-621. <https://doi.org/10.1148/radiol.212009>
- [7] 宋雨珂, 徐金凡, 何晓铭, 等. 髌下脂肪垫高信号强度对膝关节炎症症状及结构的相关性[J]. 实用医学杂志, 2024, 40(23): 3373-8.
- [8] Malagelada, F., Stephen, J., Dalmau-Pastor, M., et al. (2019) Pressure Changes in the Kager Fat Pad at the Extremes of Ankle Motion Suggest a Potential Role in Achilles Tendinopathy. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, **28**, 148-154.
- [9] Kinugasa, R., Taniguchi, K., Yamamura, N., Fujimiya, M., Katayose, M., Takagi, S., et al. (2018) A Multi-Modality Approach towards Elucidation of the Mechanism for Human Achilles Tendon Bending during Passive Ankle Rotation. *Scientific Reports*, **8**, Article No. 4319. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22661-7>
- [10] Gupta, A., Mulvihill, E. and Turner, D. (2022) Is Real-Time Ultrasound Reliably Able to Determine Kager's Fat Pad Motion during Walking? *Ultrasound in Medicine & Biology*, **48**, 217-222. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2021.09.024>
- [11] Cocco, G. and Ricci, V. (2024) Dynamic Ultrasound Assessment for Insertional Achilles Tendinopathy: The Cocco-Ricci (CORI) Sign. *Skeletal Radiology*, **54**, 593-599. <https://doi.org/10.1007/s00256-024-04746-9>
- [12] Pingel, J., Petersen, M.C.H., Fredberg, U., Kjær, S.G., Quistorff, B., Langberg, H., et al. (2015) Inflammatory and Metabolic Alterations of Kager's Fat Pad in Chronic Achilles Tendinopathy. *PLOS ONE*, **10**, e0127811. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127811>
- [13] 赵倩, 朱丽平, 张秀莉, 等. 髌下脂肪垫大小及信号强度与髌股关节结构损伤相关性的 MRI 研究[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2024, 22(10): 141-143.
- [14] Romero-Morales, C., Martín-Llantino, P.J., Calvo-Lobo, C., Palomo-López, P., López-López, D., Pareja-Galeano, H., et al. (2019) Comparison of the Sonographic Features of the Achilles Tendon Complex in Patients with and without Achilles Tendinopathy: A Case-Control Study. *Physical Therapy in Sport*, **35**, 122-126. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.12.003>
- [15] Fritz, B. and Fritz, J. (2023) MR Imaging-Ultrasonography Correlation of Acute and Chronic Foot and Ankle Conditions. *Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America*, **31**, 321-335. <https://doi.org/10.1016/j.mric.2023.01.009>
- [16] Syha, R., Springer, F., Ketelsen, D., Ipach, I., Kramer, U., Horger, M., et al. (2013) Achillodynia—Radiological Imaging of Acute and Chronic Overuse Injuries of the Achilles Tendon. *RöFo—Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren*, **185**, 1041-1055. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1335170>
- [17] 田宁, 甘洁, 陈鹏, 等. 基于 5.0 T 磁共振成像的髌下脂肪垫形态学定量分析[J]. 放射学实践, 2024, 39(7): 924-928.