

# 利用ROC曲线对1.5T磁共振成像在踝关节运动损伤患者的诊断准确性分析

何芳明<sup>1</sup>, 卢建文<sup>1</sup>, 陈根连<sup>1</sup>, 陈夏安<sup>1</sup>, 顾海峰<sup>2</sup>

<sup>1</sup>浙江省磐安县人民医院骨科, 浙江 磐安

<sup>2</sup>浙江省人民医院骨科, 浙江 杭州

Email: hfm83@sina.com

收稿日期: 2021年6月25日; 录用日期: 2021年8月25日; 发布日期: 2021年9月1日

## 摘要

**目的:**应用ROC曲线分析1.5T磁共振成像诊断踝关节运动损伤患者的准确性。**方法:**将2018年1月至2019年12月我院收治的100例踝关节运动损伤患者纳入研究, 收集患者一般临床资料, 并采用1.5T核磁共振对受试者踝关节进行平扫检查, 记录患者踝关节骨折、骨挫伤等损伤发生情况, 检查结果由2名经验丰富的影像医师对影像结果进行分析及报告, 所有患者均行关节镜检查以明确最终诊断, 分析1.5T核磁共振成像对踝关节运动损伤的敏感性及其诊断价值, 并应用ROC曲线对1.5T磁共振成像诊断踝关节运动损伤的准确性进行分析。**结果:**共有21例患者为踝关节骨折, 与MRI诊断一致, 两种方法检查的一致率为100% (100/100), 具有较高的一致性(Kappa = 1.000, P = 0.000), 敏感性为100%; 有65例患者为踝关节韧带损伤, MRI平扫诊断60例, 两种方法检查的一致率为89% (89/100), 具有较高的一致性(Kappa = 0.766, P = 0.000), 敏感性为88.24%; 对于跟腱断裂的患者, MRI检查亦能正确显示, 敏感性为100%。**结论:**1.5T核磁共振成像对踝关节韧带、肌腱及软骨损伤的诊断具有较高的敏感性及其诊断价值, 可以有效显示踝关节损伤, 安全无创, 能为早期临床治疗提供客观依据。

## 关键词

踝关节, 运动损伤, 磁共振, ROC曲线

# Using ROC Curve to Analyze the Accuracy of 1.5T MRI in Patients with Ankle Sports Injury

Fangming He<sup>1</sup>, Jianwen Lu<sup>1</sup>, Genlian Chen<sup>1</sup>, Xia'an Chen<sup>1</sup>, Haifeng Gu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Orthopedics, People's Hospital of Pan'an County, Pan'an Zhejiang

<sup>2</sup>Department of Orthopedics, People's Hospital of Zhejiang Province, Hangzhou Zhejiang

**文章引用:** 何芳明, 卢建文, 陈根连, 陈夏安, 顾海峰. 利用 ROC 曲线对 1.5T 磁共振成像在踝关节运动损伤患者的诊断准确性分析[J]. 医学诊断, 2021, 11(3): 125-131. DOI: 10.12677/md.2021.113020

## Abstract

**Objective:** To use ROC curve to analyze the accuracy of 1.5T magnetic resonance imaging in diagnosing patients with ankle joint sports injuries. **Methods:** 100 patients with ankle joint sports injuries admitted to our hospital from January 2018 to December 2019 were included in the study, general clinical data of the patients were collected, and 1.5T MRI was used to perform a plain scan of the subjects' ankles and record the patients' ankles. For joint fractures, bone contusions and other injuries, the inspection results were analyzed and reported by 2 experienced imaging physicians. All patients underwent arthroscopy to confirm the final diagnosis, and 1.5T MRI to analyze the ankle joint movement. The sensitivity and diagnostic value of injury, and the use of ROC curve to analyze the accuracy of 1.5T magnetic resonance imaging in the diagnosis of ankle sports injury. **Results:** A total of 21 patients had ankle fractures, which was consistent with the MRI diagnosis. The consistency rate of the two methods was 100% (100/100), which had a high consistency ( $Kappa = 1.000, P = 0.000$ ). The sensitivity was 100%; 65 patients had ankle ligament injury, 60 cases were diagnosed by MRI plain scan, and the agreement rate of the two methods was 89% (89/100), which was highly consistent ( $Kappa = 0.766, P = 0.000$ ), the sensitivity is 88.24%; for patients with Achilles tendon rupture, MRI can also correctly show the sensitivity is 100%. **Conclusion:** 1.5T MRI has high sensitivity and diagnostic value for the diagnosis of ankle ligament, tendon and cartilage injuries. It can effectively show ankle injuries, is safe and noninvasive, and can provide objective evidence for early clinical treatment.

## Keywords

Ankle Joint, Sports Injury, Magnetic Resonance, ROC Curve

Copyright © 2021 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

踝关节运动损伤是因运动导致的损害，为下肢最常见的骨科损伤，无论在运动员还是非运动员中均比较常见，约占因运动所致创伤总数的 21%，仅次于膝关节创伤[1] [2] [3]。踝关节运动损伤可进展成为长期问题，遗留后遗症，早期创伤性踝关节骨性关节炎等会影响患者的正常生活活动，导致患者体力活动减少，影响患者生活质量[4] [5]。此外，慢性踝关节不稳作为踝关节损伤最常见的长期影响之一，严重影响患者生活质量[6]。尽管踝关节损伤常被视为轻度伤害，但其仍是目前重要的公共卫生问题[7]。关节镜检查是踝关节软组织损伤诊断的“金标准”，但因其为有创性检查，患者接受度相对较差，故提高无创性踝关节损伤检出率是目前仍需克服及解决的问题。核磁共振成像(Magnetic Resonance Imaging, MRI)是目前临床常用的影像学检查，对软组织损伤具有较高的分辨率，为骨骼、肌腱及韧带等损伤的首选检查方法[8] [9]。而目前国内针对 MRI 与踝关节运动损伤的相关研究多集中于描述性分析，而针对 MRI 诊断准确性的相关研究较少，故基于此，本试验通过分析 MRI 对踝关节运动损伤的准确性进行研究，以便为 MRI 的临床应用提供理论依据，现将研究结果报道如下。

## 2. 资料及方法

### 2.1. 一般资料

将 2018 年 1 月至 2019 年 12 月我院收治的 100 例踝关节运动损伤患者纳入研究, 纳入标准: ① 单侧踝关节运动损伤患者; ② 同意行关节镜检查者; ③ 临床资料完整。排除标准: ① 合并 MRI 检查禁忌症者; ② 既往踝关节骨折、下肢手术史者; ③ 合并先天骨骼畸形者; ④ 合并严重心、脑、肾等脏器功能障碍者; ⑤ 合并严重精神 - 神经系统疾病, 不能配合者; ⑥ 孕妇及哺乳期妇女。本研究通过本院伦理委员会审核并批准, 且所有患者对本试验知情并签署知情同意。在纳入研究的 100 例患者中, 含男性 68 例, 女性 32 例, 年龄为 17~72 岁, 平均年龄( $45.78 \pm 10.96$ )岁, 体质量指数(BMI)  $16.9 \sim 26.3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , 平均 BMI 为( $22.31 \pm 1.72$ )  $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , 左踝关节 61 例, 右踝关节 39 例, 其中行走时扭伤 21 例, 运动伤 79 例。

### 2.2. 检查方法

1) 设备在患者行 MRI 检查前, 嘱患者仔细阅读并签署《磁共振检查知情同意书》, 并在进行检查前移除患者身上含金属的物品。应用 1.5T 超导核磁共振(Aera, 德国西门子公司)对患者进行检查, 嘱患者仰卧位, 双下肢伸直, 患侧足部自然放松, 通常使患者踝关节呈跖屈  $20^\circ$ 稍旋后位, 并对检查部位进行固定, 以避免患侧足内外旋, 采用足先进式, 应用踝关节专用相控阵线圈对患者损伤侧踝关节进行扫描。扫描方位如下: ① 横轴位: 平行于距骨顶, 由下胫腓联合扫描至跟骨下缘; ② 冠状位: 以横轴位为定位, 以平行内外踝连线平面自前舟骨前部向后至足跟后缘进行冠状位扫描; ③ 矢状位: 以横轴位为定位, 垂直于内外踝连线平面自内踝(或外踝)边缘至外踝(或内踝)边缘进行扫描。常规 MRI 扫描为 PD + Tse + FS, 应用快速自旋回波序列对患者冠状面 T1W1 扫描(TR: 472.00 ms, TE: 11.00 ms, 层厚: 3.0 mm, 层间距: 0.3 mm); 应用质子密度加权压脂序列对患者横轴面(TR: 3250.00 ms, TE: 27.00 ms, 层厚: 3.0 mm, 层间距: 0.3 mm), 冠状面(TR: 3900.00 ms, TE: 30.00 ms, 层厚: 3.0 mm, 层间距: 0.3 mm)及矢状面(TR: 3130.00 ms, TE: 33.00 ms, 层厚: 3.0 mm, 层间距: 0.6 mm)进行扫描。

2) 影像分析主要对患者损伤踝关节的骨骼、韧带、肌腱及软骨损伤情况进行观察。韧带损伤: 根据韧带轮廓、完整性及韧带周围或内部 PDWI-FS 序列是否出现高信号明确。肌腱损伤: 根据肌腱的连续性, PDWI-FS 序列内部是否出现高信号, 肌腱周围是否出现片状液体信号包绕明确。且所有病变均需在 2 种以上不同序列图像中显示方可确定为异常, 且所有影像图片均由 2 位经验丰富的影像科医师采用双盲法进行阅片, 当两位医师诊断意见不一致时, 由上级医师对有争议的影像进行评判, 作为最终诊断结果。

### 2.3. 数据分析

采用 SPSS 22.0 软件对数据进行分析, 计数资料用例(n)表示, 组间比较采用  $\chi^2$  检验; 采用 Kappa 检验对 MRI 与关节镜检查的一致性指数进行评价, 并应用受试者工作曲线(receiver operating characteristic curve, ROC)评估 MRI 的诊断效能, 以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 3. 结果

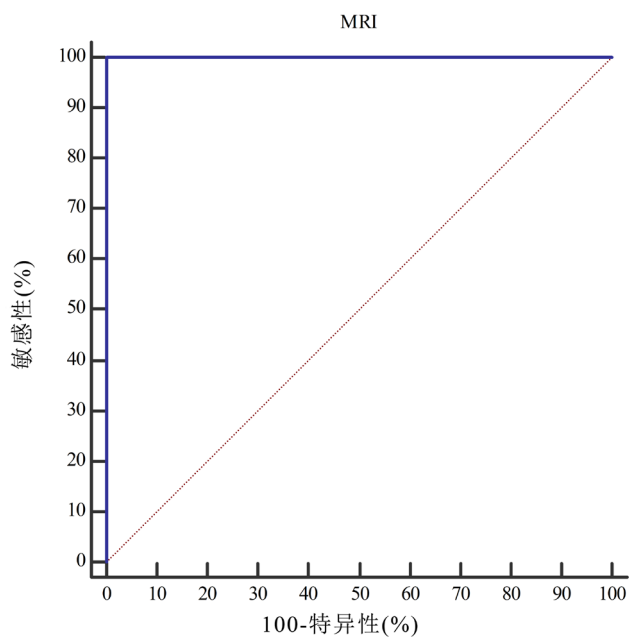
1) MRI 对踝关节骨折、骨挫伤的诊断根据关节镜确诊结果, 共有 21 例患者为踝关节骨折, 经 MRI 诊断亦发现 21 例骨折患者, 两种方法检查的一致率为 100% (100/100), 具有较高的一致性(Kappa = 1.000,

$P = 0.000$ ), ROC 曲线示 MRI 检查的敏感性为 100%, 特异性为 100%, 95% CI 为 0.964~1.000, Youden 指数为 1.00, 见表 1 及图 1。

**Table 1.** MRI diagnosis of fracture and bone contusion of ankle joint

**表 1.** MRI 对踝关节骨折、骨挫伤的诊断

MRI	关节镜		合计
	+	-	
+	21	0	21
-	0	79	79
合计	21	79	100



**Figure 1.** ROC curve of MRI diagnosis of ankle fracture and bone contusion

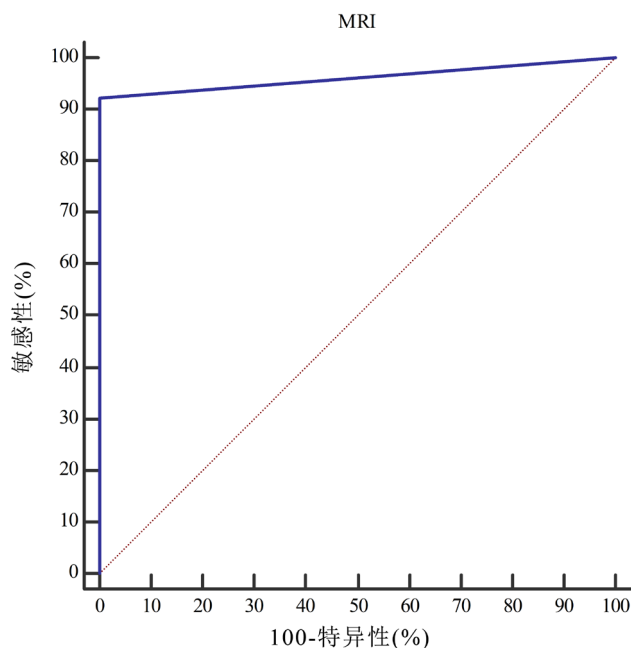
**图 1.** MRI 诊断踝关节骨折、骨挫伤的 ROC 曲线

2) MRI 对踝关节韧带损伤的诊断根据关节镜确诊结果, 共有 65 例患者为踝关节韧带损伤, 其中外侧副韧带损伤 55 例, 内侧三角韧带损伤 3 例, 单纯胫腓韧带断裂 3 例, 胫腓前韧带断裂合并三角韧带损伤 4 例; MRI 平扫诊断共有 60 例患者出现踝关节韧带损伤, 两种方法检查的一致率为 89% (89/100), 具有较高的一致性(Kappa = 0.766,  $P = 0.000$ ), ROC 曲线示 MRI 检查的敏感性为 92.3%, 特异性为 100%, 95% CI 为 0.903~0.990, ROC 曲线诊断的 Youden 指数为 0.923, 见表 2 及图 2。

**Table 2.** MRI diagnosis of ankle ligament injury

**表 2.** MRI 对踝关节韧带损伤的诊断

MRI	关节镜		合计
	+	-	
+	57	3	60
-	8	32	40
合计	65	35	100



**Figure 2.** ROC curve of MRI diagnosis of ankle ligament injury  
**图 2.** MRI 对踝关节韧带损伤的诊断的 ROC 曲线

3) MRI 对踝关节肌腱损伤的诊断纳入研究病例出现肌腱损伤患者较少,共 6 例患者为跟腱断裂, MRI 全部正确显示肌腱连续性中断, 敏感性为 100%, 特异性为 100%, 95% CI 为 0.964~1.000, ROC 曲线诊断的 Youden 指数为 1.00; 有 14 例患者为肌腱腱鞘炎, MRI 表现为肌腱腱鞘内积液。

4) MRI 对踝关节软骨损伤的诊断共有 46 例患者为软骨损伤, 其中 11 例经关节镜诊断与 MRI 诊断一致, 有 35 例患者 MRI 表现为关节腔积液; 有 61 例患者经 MRI 检查显示肌肉软组织挫伤。

#### 4. 讨论

踝关节是人体重要的负重关节, 踝关节的稳定性对于人体的负重及运动功能具有重要意义[10] [11]。踝关节的运动损伤临床较为常见, 除可造成患者踝关节局部疼痛、肿胀及使患者行动不利外, 若损伤处理不及时, 还会加重患者病情, 甚至出现后遗症, 导致患者出现功能性踝关节不稳等后遗症, 除给患者带来经济负担外, 还严重影响患者生活质量[12] [13] [14]。而踝关节运动损伤主要为骨折, 韧带、肌腱损伤及软骨损伤等, MRI 是目前诊断踝关节运动损伤的重要方式[11] [15] [16], 本研究旨在分析 MRI 诊断踝关节运动损伤的准确性, 以便为临床后续治疗及康复提供更为准确的数据支持。

本研究结果显示, MRI 对骨折、骨挫伤的诊断价值最高, 与关节镜检查结果完全一致, 具有 100% 的敏感性, 在骨折急性期时,  $T_2WI$  上的骨折线受周围骨髓水肿高信号影响, 使患者骨折线较为模糊, 故主要在  $T_1WI$  上对骨折进行观察, 可在  $T_1WI$  见到线样的长  $T_1$ 、 $T_2$  信号。而骨挫伤则无明显的骨折线, 骨挫伤为松质骨骨小梁微小断裂, 同时伴骨髓内出血或水肿, 故可在  $T_2WI$  上压脂现象上见到斑片状高信号影,  $T_1WI$  上则表现为斑片状低信号影。而 X 线检查及关节镜并不能发现骨挫伤所致的水肿, 此外, MRI 对于骨折及骨挫伤诊断的敏感性较高, 是因为 MRI 能有效、准确的对踝关节骨骼损伤后出现的骨内微量出血及水肿等病理变化进行显像, 从而及时诊断, 避免不必要的有创检查。而及时指导骨折或骨挫伤患者休息及康复可加速骨骼恢复, 避免过多负重使骨小梁进一步塌陷, 故对于临床症状较重, 而 X 线检查未见明显异常的患者进行进一步 MRI 检查具有重要意义[17]。

而 MRI 与最终确诊结果对韧带损伤诊断的一致率为 89%，具有较高的一致性，诊断的敏感性为 92.3%。韧带损伤是踝关节最常见的损伤，尤以外侧副韧带受累最为常见，正常情况下，韧带在 MRI 显像为低信号影，而当韧带损伤时，在 MRI 则表现为不规则条片状结构，韧带结构部分或完全消失，伴信号增强，且与周围结构界限不清。韧带损伤在多数 MRI 成像中可以较好的观察到，而对于跟腓韧带损伤的诊断则相对困难，因跟腓韧带很难完成的呈现在 MRI 图像上，故 MRI 成像对跟腓韧带的完整性很难进行评判，从而导致诊断能力下降，但踝关节损伤最长累及距腓前韧带，而距腓后韧带则很少累及[18][19]，故 MRI 对韧带损伤的诊断价值仍较高。

此外，本次纳入研究的患者中有，共 6 例患者为跟腱断裂，MRI 全部正确显示，有 14 例患者为肌腱腱鞘炎，MRI 表现为肌腱腱鞘内积液。肌腱损伤可分为肌腱炎、腱鞘炎等 6 类，而肌腱炎在 MRI 上则表现为腱鞘内积液变多，呈长 T1、T2 液体信号影增加。而肌腱撕裂根据撕裂程度不同，MRI 表现不同，肌腱完全断裂在 MRI 上表现为肌腱连续性完全中断，T<sub>2</sub>WI 信号增高，并可在撕裂处见到液体信号，而慢性撕裂则表现为信号中等度增高，表现为肌腱萎缩或增粗，肌腱损伤相对比较容易判断。MRI 对软骨损伤准确性诊断较 MRI 对其他踝关节损伤相对较差，尽管 PDWI 能有效观察踝关节软骨，并良好显示其解剖结构，但因缺乏与软骨下骨的对比，故很对软骨损伤情况进行判断，而 T<sub>2</sub>WI 尽管能清晰显示软骨与软骨下骨的分界，但其软骨表明轮廓显示一般，且与关节内液体分界较差，故 MRI 对软骨的诊断性相对较差。

综上，MRI 可对踝关节的软组织进行多参数、多方位的扫描及成像，可对踝关节损伤时的骨髓、骨皮质、韧带及肌腱出现的异常信号进行反应，具有较高的敏感性，与关节镜检查具有较高的一致性。但 MRI 检查时间较长，且受成像技术、临床阅片技术等多种因素限制，使其临床应用受限，故应加强临床学习，使 MRI 具有更广阔的应用前景。

## 基金项目

磐安县科技计划项目，项目编号：202011 基金名称：利用 ROC 曲线对 1.5T 磁共振成像在踝关节运动损伤患者的诊断准确性分析。

## 参考文献

- [1] 谷莉, 张巧云, 杨延砚, 周谋望. 踝关节运动损伤患者的焦虑抑郁状态及其影响因素[J]. 中国康复医学杂志, 2020, 35(1): 17-21.
- [2] Tschopp, M. and Brunner, F. (2017) Diseases and Overuse Injuries of the Lower Extremities in Long Distance Runners. *Zeitschrift für Rheumatologie*, **76**, 443-450. <https://doi.org/10.1007/s00393-017-0276-6>
- [3] 焦健, 郝跃峰, 司卫兵. 后外侧入路 T 型微型锁定钢板固定治疗后踝骨折[J]. 实用骨科杂志, 2018, 24(9): 855-857.
- [4] Wiersma, A.J., Brou, L., Fields, S.K., Dawn Comstock, R. and Kerr, Z.Y. (2018) Epidemiologic Comparison of Ankle Injuries Presenting to US Emergency Departments Versus High School and Collegiate Athletic Training Settings. *Injury Epidemiology*, **5**, Article No. 33. <https://doi.org/10.1186/s40621-018-0163-x>
- [5] Marshall, A.N., Snyder Valier, A.R., Yanda, A. and Lam, K.C. (2019) The Impact of a Previous Ankle Injury on Current Health-Related Quality of Life in College Athletes. *Journal of Sport Rehabilitation*, **24**, 43-50. <https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0249>
- [6] Delahunt, E., Bleakley, C.M., Bossard, D.S., Caulfield, B.M., Docherty, C.L., Doherty, C., et al. (2018) Clinical Assessment of Acute Lateral Ankle Sprain Injuries (ROAST): 2019 Consensus Statement and Recommendations of the International Ankle Consortium. *British Journal of Sports Medicine*, **52**, 1304-1310. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098885>
- [7] Medina McKeon, J.M. and Hoch, M.C. (2019) The Ankle-Joint Complex: A Kinesiologic Approach to Lateral Ankle Sprains. *Journal of Athletic Training*, **54**, 589-602. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-472-17>

- 
- [8] Vitez, L., Zupet, P., Zadnik, V. and Drobnič, M. (2017) Running Injuries in the Participants of Ljubljana Marathon. *Zdravstveno Varstvo*, **56**, 196-202.
- [9] Siriwanarangsun, P., Bae, W.C., Statum, S. and Chung, C.B. (2017) Advanced MRI Techniques for the Ankle. *American Journal of Roentgenology*, **209**, 511-524. <https://doi.org/10.2214/AJR.17.18057>
- [10] Mitani, Y. (2017) Gender-Related Differences in Lower Limb Alignment, Range of Joint Motion, and the Incidence of Sports Injuries in Japanese University Athletes. *Journal of Physical Therapy Science*, **29**, 12-15. <https://doi.org/10.1589/jpts.29.12>
- [11] Linklater, J.M., Hayter, C.L. and Vu, D. (2017) Imaging of Acute Capsuloligamentous Sports Injuries in the Ankle and Foot: Sports Imaging Series. *Radiology*, **283**, 644-662. <https://doi.org/10.1148/radiol.2017152442>
- [12] Saad, T.A. (2020) Comparative Study between Syndesmotic and Suprasyndesmotic Technique in Syndesmotic Ankle Injury. *Journal of Arthroscopy & Joint Surgery*, **7**, 91-97. <https://doi.org/10.1016/j.jajs.2020.06.004>
- [13] Carroll, M., Boocock, M., Dalbeth, N., Stewart, S., Frampton, C. and Rome, K. (2018) Ankle Joint Function during Walking in Tophaceous Gout: A Biomechanical Gait Analysis Study. *Gait & Posture*, **63**, 150-153. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.04.020>
- [14] 吴成亮, 郝卫亚, 肖晓飞, 李旭鸿. 体操运动员踝关节损伤的流行病学研究进展[J]. 中国运动医学杂志, 2019, 38(5): 412-417.
- [15] 方义杰, 李葳, 郭栓栓, 贾韬宇, 叶颖, 姚琳, 等. 业余马拉松运动员踝关节损伤的 MRI 特征及相关因素分析[J]. 中华放射学杂志, 2019, 53(10): 813-817.
- [16] 张越, 赵晖, 刘华瑞, 王楠, 胡鹏, 万业达. 职业足球运动员足踝关节无症状慢性损伤 MR 影像特点的初步研究[J]. 国际医学放射学杂志, 2017, 40(4): 395-400.
- [17] 刘华瑞, 罗嗣频, 万业达. 踝关节运动损伤的 MRI 表现[J]. 国际医学放射学杂志, 2017, 40(4): 414-418.
- [18] Qiao, Y., Tao, H.Y., Ma, K., Wu, Z.-Y., Qu, J.-X. and Chen, S. (2017) UTE-T2\* Analysis of Diseased and Healthy Achilles Tendons and Correlation with Clinical Score: An *in Vivo* Preliminary Study. *BioMed Research International*, **2017**, Article ID: 2729807. <https://doi.org/10.1155/2017/2729807>
- [19] 高丽香, 袁慧书. 马拉松运动常见的运动损伤及其影像改变[J]. 中华放射学杂志, 2019, 53(10): 908-910.