

Application of MR small FOV surface coil in talar osteochondral lesions imaging

SUN Yan¹, SHEN Junkang², HAO Yuefeng³, QIN Wei³,

XU Jixiong^{4*}, HU Dan³, LIU Kefu¹

(1. Department of Radiology, 3. Department of Orthopaedics, the Affiliated Suzhou Hospital of Nanjing Medical University, Suzhou 215008, China; 2. Department of Radiology, the Second Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215004, China; 4. Department of Radiology, Wuxi People's Hospital, Wuxi 214023, China)

[Abstract] **Objective** To compare the accuracy rate of talar osteochondral lesions between the small field of view (FOV) surface coil MR imaging and 2D FSE proton density weighted imaging (2D-FSE-PD), 3D-SPACE sequences MR imaging with boot-shaped coil. **Methods** Totally 43 patients (45 ankles) underwent 3D-SPACE sequence after 2D-FSE-PD sequence scanning using the boot-shaped coil, then the PDWI sequence was scanning after the boot-shaped coil was replaced by the small FOV surface coil at 1.5T MRI. The results of the arthroscopic examinations was regarded as the standard for assessing the accuracy rate of the three methods. **Results** The accuracy rate of 2D-FSE-PD sequence with small FOV surface coil was 86.67% (39/45), the accuracy rate of 2D-FSE-PD sequence with boot coil was 60.00% (27/45), the accuracy rate of 3D-SPACE sequence with boot coil was 68.89% (31/45). The accuracy rate of small FOV surface coil was higher than those of boot coil used 3D-SPACE sequence ($\chi^2=4.114, P=0.002$) and boot coil used 2D-FSE-PD sequence ($\chi^2=8.182, P<0.001$). There was not significant difference between 3D-SPACE sequence using boot coil and 2D-FSE-PD sequence using boot coil ($\chi^2=0.776, P=0.125$). **Conclusion** Compared with the 2D-FSE-PD and 3D-SPACE sequences with boot-shaped coil, the small surface coil scanning with routine sequence can show talar osteochondral lesions better.

[Key words] Magnetic resonance imaging; Radiofrequency coil; Osteochondral lesion; Talus

DOI:10.13929/j.1003-3289.201608027

磁共振小视野表面线圈在距骨软骨损伤成像中的应用

孙岩¹, 沈均康², 郝跃峰³, 秦卫³, 徐吉雄^{4*}, 胡丹³, 刘可夫¹

(1. 南京医科大学附属苏州医院放射科, 3. 骨科, 江苏 苏州 215008; 2. 苏州大学附属第二医院放射科, 江苏 苏州 215004; 4. 无锡人民医院放射科, 江苏 无锡 214023)

[摘要] **目的** 比较靴形线圈的质子密度加权成像(2D-FSE-PD)、三维可变翻转角快速自旋回波序列(3D-SPACE)成像和小FOV表面线圈2D-FSE-PD序列成像对距骨软骨损伤成像的准确率。**方法** 对43例患者(45个踝关节)采用靴形线圈行2D-FSE-PD和3D-SPACE序列扫描,然后更换为小FOV表面线圈行2D-FSE-PD成像。以关节镜检查结果为金标准,比较3种扫描方法显示距骨软骨损伤的符合率。**结果** 小FOV表面线圈2D-FSE-PD序列的符合率为86.67%(39/45),靴形线圈2D-FSE-PD序列的符合率为60.00%(27/45),靴形线圈3D-SPACE序列的符合率为68.89%(31/45)。小FOV表面线圈2D-FSE-PD序列的符合率高于靴形线圈3D-SPACE序列($\chi^2=4.114, P=0.002$)和2D-FSE-PD序列

[基金项目] 苏州市临床重点病种诊疗技术专项项目(LCZX201310)。

[第一作者] 孙岩(1981—),男,江苏苏州人,在读硕士,主管技师。研究方向:磁共振新技术的应用。E-mail: zizixiaoshanshi@sina.com

[通信作者] 徐吉雄,无锡人民医院放射科,214023。E-mail: 70854598@qq.com

[收稿日期] 2016-08-05 **[修回日期]** 2016-12-16

($\chi^2=8.182, P<0.001$), 而靴形线圈 3D-SPACE 序列的符合率与 2D-FSE-PD 序列的差异无统计学意义($\chi^2=0.776, P=0.125$)。结论 与靴形线圈的 2D-FSE-PD 与 3D-SPACE 序列相比, 小 FOV 表面线圈 2D-FSE-PD 成像能更好地显示距骨软骨损伤。

[关键词] 磁共振成像; 射频线圈; 软骨损伤; 距骨

[中图分类号] R445.2; R681.3 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2017)03-0454-04

踝关节软骨损伤常见于外伤及长期反复关节轻度受损者, 损伤以距骨上关节面软骨较为常见。稳定的软骨损伤常采用保守治疗, 而不稳定者更倾向于外科关节镜手术。如果损伤被低估会明显增加骨性关节炎的风险、降低生活质量^[1]。治疗方式的选择与多种因素相关, 其中最关键的是对软骨的完整性及损伤程度的准确判断。踝关节镜是判断软骨损伤的金标准, 但为有创检查, 不易被接受。无创的常规 MR 检查较为常用, 但由于此处软骨结构细微、通常只有 1~2 mm, 难以清晰显示。本研究采用 1.5T MR、直径 4 cm 小环形表面极化线圈, 显示踝软骨微小损伤, 并与靴形线圈进行比较, 旨在探讨小表面线圈在距骨关节面软骨损伤中的临床应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择 2015 年 1 月—2016 年 6 月间在本院接受 MR 检查后计划行关节镜的踝关节距骨上关节面软骨损伤的 43 例患者(45 个踝关节), 男 23 例, 女 20 例, 年龄 14~63 岁, 平均(39.3±14.2)岁, 其中单侧踝关节 41 例、双侧 2 例。患者软骨损伤诊断以临床关节镜手术结果为金标准。纳入标准: ①靴形线圈的常规 MRI 图像上发现软骨损伤或疑似软骨损伤病变; ②均采用靴形线圈行 2D-FSE-PD 及 3D-SPACE 序列扫描; ③软骨损伤部位均应用 4 cm 直径小线圈行小 FOV 的 2D-FSE-PD 再次扫描。排除标准: ①MR 扫描过程中配合度不佳、影像存在运动伪影明显无法明确观察者; ②MR 扫描后至接受踝关节镜的时间间隔超过 180 天。所有受检者均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 采用 Siemens Avanto 1.5T MR 扫描仪。受检者双上肢置于身体两侧, 受检踝关节置于踝关节专用线圈中, 采取仰卧位、足先进的扫描方式。首先使用踝关节 8 通道相控阵靴形线圈行二维 FSE 质子密度加权像(2D-fast-spin-echo-protocol-density, 2D-FSE-PD)及三维可变翻转角快速自旋回波序列(3-dimensional sampling perfection with application optimized contrast using different flip angle evolutions, 3D-SPACE)序列扫描, 然后使用 4 cm 直径环形小视野表面极化线圈行小 FOV 的 2D-FSE-PD 扫描。进

行扫描时将小线圈用束带固定于受损部位附近。扫描序列及参数: ①专用靴形线圈常规 MR 扫描, 冠状位频率选择饱和法脂肪抑制 2D-FSE-PD 序列, TR 2 140 ms, TE 22 ms, FOV 180 mm×180 mm, 层厚 3 mm, 矩阵 320×224; ②冠状位频率选择饱和法脂肪抑制 3D-SPACE 序列, TR 1 200 ms, TE 33 ms, FOV 160 mm×160 mm, 层厚 0.60 mm, 矩阵 256×256; ③环形 4 cm 直径表面极化线圈, 冠状位 2D-FSE-PD 序列, FOV 100 mm×100 mm, 余扫描参数与靴形线圈 2D-FSE-PD 序列相同。

1.3 图像分析 由 2 名资深放射科医师按照以下标准步骤进行分析, 对有问题处软骨损伤进行分级, 并协商获得一致意见。MR 分级采用 Berndt & Harty 标准: 0 级, 正常软骨; 1 级, 软骨下骨压缩、骨髓水肿; 2A 级, 软骨下出现囊样液化水肿; 2B 级, 可见未完全分离的软骨碎片; 3 级, 软骨碎片无移位, 周围伴液化水肿; 4 级, 可见游离软骨碎片。关节镜分级标准: A 级, 软骨表面光滑完整柔软可触及; B 级, 软骨表面粗糙不光滑; C 级, 软骨纤维化或存在裂隙; D 级, 有片状物或软骨下骨暴露; E 级, 软骨变形有未位移的碎片; F 级, 有移位的软骨碎片。MR 与关节镜间对应关系: MR 1 级对应关节镜 A 级, 2A 对应 B 和 C 级, 2B 对应 D 级, 3 级对应 E 级, 4 级对应 F 级。以关节镜结果为金标准, 比较 3 种扫描方法显示距骨软骨损伤的符合率。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 16.0 统计分析软件。计数资料采用频数表示, 以关节镜结果为金标准, 分别计算使用小 FOV 表面线圈 2D-FSE-PD 序列与靴形线圈的 2D-FSE-PD、3D-SPACE 序列图像的诊断符合率, 采用配对设计资料的 χ^2 检验, 两两比较采用 Bonferroni 法调整检验水准, $P<0.017$ 为差异有统计学意义。

2 结果

不同方法显示损伤软骨情况与关节镜结果对比, 小 FOV 表面线圈 2D-FSE-PD 序列的符合率为 86.67%(39/45), 靴形线圈 2D-FSE-PD 序列的符合率 60.00%(27/45), 靴形线圈 3D-SPACE 序列的符合率

68.89%(31/45)。小 FOV 表面线圈 2D-FSE-PD 序列的符合率高于靴形线圈 3D-SPACE 序列 ($\chi^2 = 4.114, P=0.002$), 和 2D-FSE-PD 序列 ($\chi^2 = 8.182, P<0.001$), 而靴形线圈 3D-SPACE 序列的符合率与 2D-FSE-PD 序列的差异无统计学意义 ($\chi^2 = 0.776, P=0.125$), 见表 1、图 1。

表 1 距骨上软骨的 MRI 评估结果与关节镜分级对照(个)

MR 序列	关节镜分级						合计
	A	B	C	D	E	F	
小 FOV 表面线圈 2D-FSE-PD 序列							
1	6	1	0	0	0	0	7
2A	2	3	2	0	0	0	7
2B	0	1	2	11	0	0	14
3	0	0	0	0	13	0	13
4	0	0	0	0	0	4	4
合计	8	5	4	11	13	4	45
靴形线圈 3D-SPACE 序列							
1	5	2	1	0	0	0	8
2A	3	2	1	0	0	0	6
2B	0	1	1	8	2	0	12
3	0	0	1	3	11	0	15
4	0	0	0	0	0	4	4
合计	8	5	4	11	13	4	45
靴形线圈 2D-FSE-PD 序列							
1	3	2	1	1	0	0	7
2A	3	1	1	2	0	0	7
2B	2	2	1	7	2	0	14
3	0	0	1	1	11	0	13
4	0	0	0	0	0	4	4
合计	8	5	4	11	13	4	45

3 讨论

踝关节损伤常规选择质子密度加权(proton density weighted imaging, PDWI)与 T2WI 的脂肪抑制序列,易于诊断软组织损伤和骨损伤。PDWI 更多地用于观察软骨情况,但对于覆盖于骨表面的软骨结构诊断准确率较低。本研究在靴形线圈上应用 PDWI 序列观察软骨损伤,其诊断准确率低于采用 3D-SPACE 序列和环形小视野表面线圈显像,尤其是对细微软骨层损伤分级的诊断能力更差,主要因此处软骨结构细微,在无足够关节液做背景的条件下很难分辨,且常规 MRI 层厚较大,存在一定的容积效应,无法行重建以多角度观察软骨结构,因此很难准确判断软骨损伤的具体情况。

3D-SPACE 有别于传统 TSE 序列,聚焦脉冲多为小角度,射频吸收率低,时间信号曲线平缓,可有效地抑制 T2 衰减引起的模糊效应。因为有效的成像磁化矢量会因短时间内多个聚焦脉冲的作用而不能充分恢复,使采集的回波信号幅度逐渐减弱,成像质量变差,为避免此种现象,3D-SPACE 序列的聚焦脉冲角度在采集过程中逐渐增大,与逐渐减少的磁化矢量达到互补的动态平衡,使回波信号幅度保持均匀一致,从而提高图像的信噪比^[2]。

3.0T MR 上采用 3D-SPACE 序列显示踝关节软骨损伤的图像分辨率满意^[3]。本研究采用 1.5T MR 仪,利用 3D-SPACE 序列对体液成分通常呈高亮信号、与软骨对比度好的特点^[4],显示软骨损伤及软骨下骨的水肿,并利用其层厚薄、多平面重建的优势,显示软骨细微结构,与常规 MRI 比较诊断准确率有一定的提高,与 Notohamiprodjo 等^[5-7]认为 3D-SPACE 序列可以较好地显示踝关节复杂解剖结构的观点相一致。



图 1 患者男,41 岁,右踝扭伤疼痛 2 个月,关节镜分级为 B 级 A. 常规 2D-FSE-PD 序列显示距骨外侧软骨下骨水肿,骨髓信号改变,界限模糊(箭),距骨上表面软骨观察困难,MR 分级低估为 1 级; B. 3D-SPACE 序列显示距骨外侧软骨下骨囊样改变,界限较易分辨(箭),可见表面软骨,但形态边界显示欠佳,MR 分级高估为 2B 级; C. 环形小 FOV 表面极化线圈的 2D-FSE-PD 序列显示距骨外侧软骨下骨出现囊样液化水肿(箭),边界、形态清晰,完整显示关节表面软骨形态、界限清晰可辨,MR 准确分级为 2A 级

踝关节距骨上关节面的软骨通常厚 1~2 mm,且与胫骨远端表面的软骨相接触,在缺少足够的关节液的情况下较难分辨,采用环形直径 4 cm 小视野表面极化线圈行小 FOV 扫描,使软骨呈低—高一低的 3 层结构,明显提高影像对比度^[8],本研究结果显示其诊断符合率明显优于采用专用靴形线圈采集的 3D-SPACE 和 2D-FSE-PD 序列。小线圈可明显提高软骨结构的 MRI 图像质量,可用于区分正常及损伤软骨与软骨下骨的界限,使交界面附近软骨下骨水肿的高亮信号及液化灶的显示更加清晰,尤其后者是判断软骨损伤是否稳定的关键因素,准确判断软骨损伤程度对治疗方式的选择有指导意义。但由于小线圈可采集信号的有效范围较小,通常只有线圈附近几厘米的组织信号较好^[9],所以可先通过专用的靴形线圈采集的常规 MRI 影像对损伤位置进行初步判断,再将小线圈置于损伤软骨组织较近的位置进行小 FOV 扫描,对两种线圈先后组合使用对损伤软骨的定性准确率最优。

Cuttica 等^[10-11] 研究显示 MRI 图像可对 81%~83% 的踝关节距骨上关节面软骨损伤准确分级,而 Bae 等^[12] 采用常规序列的研究结果为 65.9%。造成研究结果差异的原因可能为所选择的设备、序列以及参数不同或样本量过少等,仍有待进一步验证。

本研究结果显示小 FOV 表面线圈 2D-FSE-PD 序列较靴型线圈 2D-FSE-PD 及 3D-SPACE 序列显示软骨更优,分析原因为:①线圈,小 FOV 线圈紧贴损伤部位并用束带进行捆绑固定,其直接接触受损部位皮肤、距离更近,采集信号损失少,即可采集更多的有效成像信号。而靴型线圈虽然按照足踝的大体走行设计,但考虑到个体差异及通用性,一般均与损伤部位表面存在一定的间隔,其有效采集信号强度有所降低。②扫描参数:本组 3 种方法的成像参数中 FOV、像素矩阵、扫描层厚均不同,使小 FOV 表面线圈 2D-FSE-PD、靴型线圈 3D-SPACE 及 2D-FSE-PD 序列可分辨的最小体素分别为 0.42、0.23、1.36 mm³,小 FOV 表面线圈可显示的最小体素值居中,软骨显示却最优,提示小 FOV 表面线圈可高效地采集有效成像信号。

本研究的局限性:①由于踝关节损伤患者接受关节镜外科手术的意愿性较差,本研究样本量较小,研究结果仍需进一步扩大样本证实;②因 3D-SPACE 序列影像上存在周围组织结构模糊,在小 FOV 的应用效果较差^[4],本研究未采用小线圈行 3D-SPACE 序列扫描;③未对其他非专用的替代线圈与小线圈的成像效果进

行对比;④未研究不同参数及不同采集时间的 2D-FSE-PD 及 3D-SPACE 序列与小线圈成像质量的差异;⑤仅用 1.5T MR 仪进行研究,在更高场强 MR(3.0T)上小线圈的应用仍待在后续研究中进一步探讨。

综上所述,采用小的环形极化线圈与专用靴形线圈行 MRI 可更好地显示踝关节距骨上关节面软骨损伤,但如果未配备小线圈,采用 3D-SPACE 序列亦有可能在一定程度上提高对损伤软骨的诊断准确性。

[参考文献]

- [1] Gatlin CC, Matheny LM, Ho CP, et al. Diagnostic accuracy of 3.0 Tesla magnetic resonance imaging for the detection of articular cartilage lesions of the talus. *Foot Ankle Int*, 2015, 36(3):288-292.
- [2] 孙岩,庄启湘,陈浩,等. 3D-SPACE 序列磁共振胰胆管显影诊断胆囊及胆总管结石. *中国医学影像技术*, 2015, 31(10):1582-1586.
- [3] Chhabra A, Soldatos T, Chalian M, et al. Current concepts review: 3T magnetic resonance imaging of the ankle and foot. *Foot Ankle Int*, 2012, 33(2):164-171.
- [4] 孙岩,吴雪,谢萍,等. 磁共振 3D-SPACE、3D-TrueFISP、2D-FSE-PD 序列膝关节软骨成像的比较研究. *实用放射学杂志*, 2015, 31(1):131-135.
- [5] Notohamiprojo M, Kuschel B, Horng A, et al. 3D-MRI of the ankle with optimized 3D-SPACE. *Invest Radiol*, 2012, 47(4):231-239.
- [6] Ulbrich EJ, Zubler V, Sutter R, et al. Ligaments of the lisfranc joint in MRI: 3D-SPACE (sampling perfection with application optimized contrasts using different flip-angle evolution) sequence compared to three orthogonal proton-density fat-saturated (PD fs) sequences. *Skeletal Radiol*, 2013, 42(3):399-409.
- [7] 孙岩,沈均康,郝跃峰,等. 磁共振 3D-SPACE、3D-True FISP 序列对踝关节韧带成像的比较研究. *实用放射学杂志*, 2016, 32(6):907-910.
- [8] Antonio GE, Griffith JF, Yeung DK. Small-field-of-view MRI of the knee and ankle. *AJR Am J Roentgenol*, 2004, 183(1):24-28.
- [9] Griffith JF, Wang YX, Lodge SJ, et al. Small field-of-view surface coil MR imaging of talar osteochondral lesions. *Foot Ankle Int*, 2010, 31(6):517-522.
- [10] Cuttica DJ, Smith WB, Hyer CF, et al. Osteochondral lesions of the talus: Predictors of clinical outcome. *Foot Ankle Int*, 2011, 32(11):1045-1051.
- [11] Dheer S, Khan M, Zoga AC, et al. Limitations of radiographs in evaluating non-displaced osteochondral lesions of the talus. *Skeletal Radiol*, 2012, 41(4):415-421.
- [12] Bae S, Lee HK, Lee K, et al. Comparison of arthroscopic and magnetic resonance imaging findings in osteochondral lesions of the talus. *Foot Ankle International*, 2012, 33(12):1058-1062.