

DOI:10.3969/j.issn.1005-202X.2024.02.009

医学影像物理

磁共振脂肪抑制质子密度加权序列诊断骨关节外伤性骨髓水肿的价值

高艳¹, 潘小文¹, 董晚亭¹, 肖鹏²

1. 四川省骨科医院医学影像科, 四川 成都 610041; 2. 四川省骨科医院骨科, 四川 成都 610041

【摘要】目的:分析磁共振脂肪抑制质子密度加权(PDWI-FS)序列诊断骨关节外伤性骨髓水肿(BME)的价值。**方法:**选取150例骨关节外伤患者为研究对象,均行矢状位PDWI-FS序列扫描及MRI常规序列扫描,比较两种方法对BME的检出情况、信号强度、图像质量、病灶信噪比及对比噪声比。**结果:**两种检查方法均显示150例骨关节外伤患者中134例存在225处BME征象,以膝关节外伤患者中多见。PDWI-FS序列显示病灶信号强度主要为3级,占比97.78%(220/225),MRI常规序列显示主要为2级,占比43.11%(97/225),且两种检查方法显示不同强度存在统计学差异($Z=15.919, P<0.05$)。PDWI-FS序列显示病灶清晰程度、空间分辨率、图像变形及诊断信心评分[(4.09±0.45)分、(3.65±0.42)分、(3.25±0.37)分、(4.21±0.38)分]均高于常规序列[(3.88±0.39)分、(3.41±0.36)分、(3.14±0.35)分、(3.97±0.34)分],且差异均有统计学意义($t=4.319, t=5.314, t=2.645, t=5.765; P<0.05$)。PDWI-FS序列显示病灶信噪比及周围组织对比噪声比[(2.07±0.23)、(5.52±0.64)]均大于常规序列[(2.01±0.22)、(5.17±0.59)],且差异有统计学意义($t=2.309, t=4.925; P<0.05$)。**结论:**较MRI常规序列而言,磁共振PDWI-FS序列能有效提高图像质量和病变显示效果,可为骨关节外伤性BME的诊断提供更准确的诊疗信息。

【关键词】磁共振成像;脂肪抑制质子密度加权;骨关节外伤;骨髓水肿;信号强度;图像质量

【中图分类号】R816.8

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2024)02-0181-04

Diagnostic value of MRI using proton density-weighted fat-saturated sequence for bone marrow edema in osteoarticular injury

GAO Yan¹, PAN Xiaowen¹, DONG Wanting¹, XIAO Peng²

1. Department of Medical Imaging, Sichuan Province Orthopedic Hospital, Chengdu 610041, China; 2. Department of Orthopedics, Sichuan Province Orthopedic Hospital, Chengdu 610041, China

Abstract: Objective To analyze the value of magnetic resonance proton density-weighted fat-saturated (PDWI-FS) sequence in the diagnosis of bone marrow edema (BME) in osteoarticular injury. **Methods** A total of 150 patients with bone and joint trauma were enrolled in the study. All patients underwent sagittal PDWI-FS sequence scan and conventional MRI sequence scan. The BME detection, signal intensity, image quality, and the signal-to-noise ratio and contrast-to-noise ratio of the lesions were compared between two methods. **Results** Both methods revealed that there were 225 sites of BME signs in 134 out of the 150 patients, with a higher prevalence in knee joint trauma patients. The signal intensity of the lesions was mainly grade 3 on PDWI-FS sequence and grade 2 on conventional MRI sequence, accounting for 97.78% (220/225) and 43.11% (97/225), indicating that the two methods graded signal intensity differently ($Z=15.919, P<0.05$). PDWI-FS sequence and conventional sequence had scores of 4.09±0.45 vs 3.88±0.39, 3.65±0.42 vs 3.41±0.36, 3.25±0.37 vs 3.14±0.35 and 4.21±0.38 vs 3.97±0.34 on lesion clarity, spatial resolution, anamorphosis and diagnostic confidence, and the former scored higher ($t=4.319, 5.314, 2.645, 5.765; P<0.05$). The signal-to-noise ratio and contrast-to-noise ratio of the lesions on PDWI-FS sequence were 2.07±0.23 and 5.52±0.64, higher than 2.01±0.22 and 5.17±0.59 on conventional sequence, and the differences were statistically significant ($t=2.309, 4.925; P<0.05$). **Conclusion** Compared with conventional MRI sequence, magnetic resonance PDWI-FS sequence can effectively enhance image quality and display lesions more clearly, providing more

【收稿日期】2023-07-22

【基金项目】四川省中医药管理局科学技术研究专项(2020JC0097)

【作者简介】高艳,初级技师,研究方向:骨肌影像,E-mail: gaoyan388668@163.com

accurate information for the diagnosis of BME in osteoarticular injury.

Keywords: magnetic resonance imaging; proton density-weighted fat-saturated; bone and joint trauma; bone marrow edema; signal intensity; image quality

前言

骨髓水肿(Bone Marrow Edema, BME)是指骨髓局部微循环发生障碍,出现骨基质水肿、炎性细胞浸润、纤维组织增生等表现,虽属于自限性疾病,但若未及时发现并对症治疗,可能进一步发展为骨坏死并增加治疗难度^[1]。研究发现骨关节外伤后极易并发BME,而行X线平片、CT及关节镜检等常规检查很难发现BME,放射性核素骨显像虽能较好反映出骨血流灌注、细胞代谢等过程,但定位不够准确且解剖分辨率差,给BME的诊断带来困难^[2-3]。磁共振(MRI)脂肪抑制质子密度加权(PDWI-FS)序列结合压脂技术,选择性高,能明显增强扫描效果,但在骨关节系统和骨髓病变中的研究较少^[4]。本研究旨在分析MRI PDWI-FS序列诊断骨关节外伤性BME的价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取2020年1月~2022年8月四川省骨科医院收治的150例骨关节外伤患者为研究对象。纳入标准:近1个月内有骨关节外伤史;临床症状主要有受伤部位出现持续性疼痛、软组织不同程度肿胀、局部压痛、关节活动明显受限、承重困难等;无磁共振检查禁忌证,可配合完成PDWI-FS及MRI检查;已签署知情同意书。排除标准:运动伪影明显致图像质量差者;经X线或CT检查已明确为骨折患者;合并骨髓肿瘤、炎症及其他疾病者;伴有严重退行性骨关节疾病者;合并严重心、肺、肾等功能不全及其他系统性疾病者。纳入患者中男85例,女65例;年龄19~68岁,平均 (42.41 ± 6.28) 岁;外伤至MRI检查时间间隔10~30 d,平均 (21.6 ± 4.15) d。

1.2 方法

患者取仰卧位,足先进,均使用美国GE公司提供的3.0 T超导MR扫描仪,采用4通道大柔线圈,运用PDWI-FS序列和MRI常规序列行矢状位扫描。PDWI-FS序列扫描参数为:肩关节TR 3 000 ms(肘关节3 250 ms、膝关节5 000 ms、髋关节5 000 ms),TE 15 ms(肘关节18 ms),激发角度150°,采集带宽130 Hz/pixel(肘关节111 Hz/pixel),扫描层厚4 mm(肘关节3 mm、踝

关节3 mm),层间距0.8 mm(肘关节0.3 mm、膝关节0.4 mm、踝关节0.3 mm、髋关节0.4 mm),视野165 mm(肘关节135 mm、膝关节160 mm、踝关节150 mm、髋关节230 mm),点阵256(肘关节512),成像矩阵 256×512 (肘关节 512×512),激励次数2(膝关节1、踝关节1、髋关节1),回波链长7(肘关节9、膝关节9、髋关节9),回波间隙15.3 ms(肘关节15.4 ms),脂肪饱和模式weak,脂肪抑制Fat saturation,射频模式LowSAR,梯度模式Normal,相对信噪比1.00。

MRI常规序列采用快速自旋回波T₂加权成像,扫描参数为:肩关节TR 3 000 ms(膝关节5 090 ms、踝关节4 500 ms、髋关节5 090 ms),TE 96 ms(肘关节92 ms、膝关节166 ms、踝关节91 ms、髋关节166 ms),激发角度150°,采集带宽130 Hz/pixel(踝关节115 Hz/pixel),扫描层厚4 mm(肘关节3 mm、踝关节3 mm),层间距0.8 mm(肘关节0.3 mm、膝关节0.4 mm、踝关节0.3 mm、髋关节0.4 mm),视野165 mm(肘关节135 mm、膝关节160 mm、踝关节150 mm、髋关节230 mm),点阵512(肘关节256、踝关节256),成像矩阵 256×512 (肘关节 512×512),回波链长7(肘关节9、膝关节17、踝关节5、髋关节17),回波间隙24 ms(肘关节15.4 ms、膝关节15.1 ms、踝关节15.3 ms、髋关节15.1 ms),激励次数2(肘关节1、踝关节1),射频模式LowSAR,梯度模式Normal,相对信噪比1.00。

均由两名经验丰富的骨肌放射医师采用双盲法独立进行图像分析及评估,以相同诊断意见为最终结果。

1.3 观察指标

①BME检出情况:比较两种检查方法对BME的检出情况。②信号强度:以同层面病灶未受累骨松质区信号为参照,比较两种检查方法的信号强度,分为信号强度1级(辨认有较大难度的稍高或稍低信号)、2级(较容易辨认的高或低信号)、3级(非常容易辨认的明显高或低信号)^[5-6]。③图像质量:从病灶清晰程度、空间分辨力、图像变形、诊断信心4个方面进行评价,采用5级评分法,分数越高表明图像质量越好^[2]。④病灶信噪比及对比噪声比:选取诊断信心超过3分即病变尚可诊断处的BME,使用软件自带的功能对其进行勾画,测量骨髓水灶大小和信号强度,计算骨髓水灶信噪比及其与周围组织的对比噪声

比,同一位置测量均重复3次后取平均值。

1.4 统计学方法

采用SPSS21.0统计学软件,计数资料以例(%)表示,两组比较行 χ^2 或秩和检验;计量数据先进行正态分布检验,数据均符合正态分布,以均数 \pm 标准差表示,不同检查方法间比较采用独立样本 t 检验;采用Kappa检验分析两名医师诊断结果的一致性,分为一致性差(Kappa值 ≤ 0.39)、一致性中等(Kappa值为0.40~0.74)、一致性好(Kappa值 ≥ 0.75)。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两种检查方法对BME检出情况比较

两种检查方法均显示150例骨关节外伤患者中发现134例共存在225处BME征象,以膝关节外伤患者中多见,其中87例膝关节受伤患者中发现176处,15例髋关节受伤患者中发现17处,15例肩关节受伤患者中发现15处,10例肘关节受伤患者中发现10处,7例踝关节受伤患者中发现7处。Kappa检验显示,两名影像科医师阅片,MRI对BME的诊断结果一致性较好(Kappa值=0.834)。

2.2 两种检查方法的信号强度比较

PDWI-FS序列显示病灶信号强度主要为3级,占比97.78%(220/225),MRI常规序列显示主要为2级,占比43.11%(97/225),且两种检查方法显示不同强度均有统计学意义($Z=15.919$, $P < 0.05$)。

2.3 两种检查方法的图像质量比较

PDWI-FS序列显示病灶清晰程度、空间分辨率、图像变形及诊断信心评分[(4.09 \pm 0.45)分、(3.65 \pm 0.42)分、(3.25 \pm 0.37)分、(4.21 \pm 0.38)分]均高于常规序列[(3.88 \pm 0.39)分、(3.41 \pm 0.36)分、(3.14 \pm 0.35)分、(3.97 \pm 0.34)分],且差异均有统计学意义($t=4.319$, $t=5.314$, $t=2.645$, $t=5.765$; $P < 0.05$)。

2.4 两种检查方法的病灶信噪比及对比噪声比比较

PDWI-FS序列显示病灶信噪比及周围组织对比噪声比[(2.07 \pm 0.23)、(5.52 \pm 0.64)]均大于常规序列[(2.01 \pm 0.22)、(5.17 \pm 0.59)],且差异有统计学意义($t=2.309$, $t=4.925$; $P < 0.05$)。

3 讨论

BME的形成机制尚不明确,但多数研究认为其与直接冲击力和传导力有关,即一定能量的外力作用于松质骨上,导致所在部位的骨小梁骨折,使得骨髓内毛细血管通透性及局部血管的灌注量增加,细胞液渗出,严重者还会出现毛细血管破裂出血,若不予干预治疗,临床症状可较长时间存在^[7-8]。因此,为防

止患者预后不良,应尽早准确诊断骨关节外伤性BME,以获取最佳治疗方案。

MRI具有无创伤、无辐射、多方位成像、组织对比分辨力高等特点,是目前检查骨伤疾病的首选影像学检查方法,但其存在一定局限性,如检查费时又昂贵,加上骨关节外伤患者多数需及时就诊治疗,但大部分基层医院尚未常规开展MRI检查^[9-10]。骨髓有黄骨髓和红骨髓之分,其主要组成部分均为脂肪细胞,脂肪细胞内含有大量氢质子,密度高,常规行MRI检查时,信号以脂肪为主, T_1 值很短, T_2 值很长,因此无论是MRI的 T_1 加权成像还是 T_2 加权成像均会呈较高信号,但外伤时水肿、出血等病理表现会改变这一特征,进而干扰病灶相邻组织信号,还会产生伪影影响图像质量^[11]。本研究对纳入的患者均进行3.0T超导MR检查,发现134例患者共存在225处BME征象,但MRI常规序列显示病变区呈片状或条带状、“地图样”不规则形低信号影,信号强度分布较平均,而PDWI-FS序列显示病变区呈清晰片状或条带状、“地图样”不规则形高信号影,信号强度主要为3级,且PDWI-FS序列显示的病灶清晰程度、空间分辨率、图像变形及诊断信心评分和病灶信噪比、周围组织对比噪声均大于或高于常规序列,提示较MRI常规序列而言,MRI PDWI-FS序列能有效提高图像质量和病变区显示效果,为骨关节外伤性BME的诊断提供更准确的诊疗信息,有助于提升诊断信心,与张雯双等^[12]、沈瑞等^[13]报道基本吻合。分析原因,PDWI-FS序列结合了脂肪抑制技术,其原理是在相同强度的磁场中,水和脂肪分子中的氢质子因其化学结构不同存在不同的进动频率,即存在化学位移,利用这种差异,在激发目标脉冲前,先施加与脂肪质子进动频率一致的脂肪饱和预脉冲,这样脂肪组织随着脉冲的激发逐渐达到饱和,而水分子的氢质子则不会被激发,这时再激发目标脉冲,骨髓腔内已达到饱和的脂肪组织不会再接受能量,继而不产生信号,信号则以水分子中被激发的氢质子为主,从而达到脂肪抑制目的,促使图像的变形、伪影及模糊度等有效减少,病灶组织结构的分辨能力得到提高,使得病灶的显示变得清晰易见^[14-16]。PDWI-FS序列能为骨关节外伤性BME的诊断作出重要补充,具有如下优点:第一,具有高选择性,PDWI-FS序列对脂肪组织信号抑制的特异性较高,对其它组织的信号影响较小;第二,降低脂肪信号,减少化学伪影或相关伪影;第三,可更加直观地发现病变组织中是否含有脂肪;第四,增加图像的组织对比,增强扫描效果。故MRI PDWI-FS序列对骨关节外伤性BME的准确诊断具有良好潜力,但因无法取得病理结果,加上研究

样本量较小,使得本研究对BME病灶检出的准确性无法评估,未来仍需要更大样本进行深入研究。

综上所述,较MRI常规序列而言,PDWI-FS序列能有效提高图像质量和病变显示效果,为骨关节外伤性BME的诊断提供更准确的诊疗信息,有助于提升诊断信心,可作为诊断骨关节外伤性BME的优化序列推广应用。

【参考文献】

- [1] Song CY, Zhu S, Liu YY, et al. DCNAS-net: deformation convolution and neural architecture search detection network for bone marrow oedema[J]. BMC Med Imaging, 2023, 23(1): 45.
- [2] 周爽, 查云飞, 邢栋, 等. 小视野DWI评价膝关节骨挫伤骨髓水肿的可行性研究[J]. 磁共振成像, 2021, 12(2): 52-56.
Zhou S, Zha YF, Xing D, et al. The feasibility of reduced field-of-view DWI in the evaluation of bone marrow edema in knee joint contusion [J]. Chinese Journal of Magnetic Resonance Imaging, 2021, 12(2): 52-56.
- [3] 何绪成, 周闪闪, 叶菊, 等. 双能CT虚拟去钙在距骨骨髓水肿中的应用价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(2): 161-165.
He XC, Zhou SS, Ye J, et al. Application of dual energy CT virtual noncalcium technique in bone marrow edema of talus[J]. Chinese Journal of CT and MRI, 2022, 20(2): 161-165.
- [4] 徐承东, 黄国权, 张林杰, 等. 磁共振脂肪抑制技术评估强直性脊柱炎骶髂关节成像效果研究[J]. 中国医学装备, 2022, 19(2): 77-81.
Xu CD, Huang GQ, Zhang LJ, et al. Study on the MR fat suppression technique in assessing the imaging effect of sacroiliac joint of ankylosing spondylitis[J]. China Medical Equipment, 2022, 19(2): 77-81.
- [5] 王建军. 质子加权预饱和脂肪抑制序列在骨关节外伤性骨髓水肿中的诊断价值[D]. 太原: 山西医科大学, 2014.
Wang JJ. The value of MRI PDWI-FS sequence in the diagnosis of bone marrow edema of joints in trauma[D]. Taiyuan: Shanxi Medical University, 2014.
- [6] 罗佳鑫, 张高福, 李伟, 等. 磁共振成像信号强度对胡桃夹综合征患儿左肾淤血的诊断价值[J]. 第三军医大学学报, 2021, 43(3): 249-254.
Luo JX, Zhang GF, Li W, et al. Diagnostic value of signal intensity of MR imaging for renal congestion in nutcracker syndrome: report of 39 children[J]. Journal of Third Military Medical University, 2021, 43(3): 249-254.
- [7] Zhao WY, Gao Y, Zhang SX, et al. Extracorporeal shock wave therapy for bone marrow edema syndrome in patients with osteonecrosis of the femoral head: a retrospective cohort study[J]. J Orthop Surg Res, 2021, 16(1): 21.
- [8] 赖俊辉, 陈向红, 张宏宁, 等. 足踝骨髓水肿综合征的研究进展[J]. 实用骨科杂志, 2020, 26(2): 144-147.
Lai JH, Chen XH, Zhang HN, et al. Research progress on ankle bone marrow edema syndrome[J]. Journal of Practical Orthopaedics, 2020, 26(2): 144-147.
- [9] 肖龙文, 桑志成. 重度膝骨关节炎患者骨髓水肿与骨质疏松的相关性研究[J]. 中国骨伤, 2023, 36(4): 371-375.
Xiao LW, Sang ZC. Study on correlation between bone marrow edema and osteoporosis in patients with severe knee osteoarthritis[J]. China Journal of Orthopaedics and Traumatology, 2023, 36(4): 371-375.
- [10] 杨先宇, 王岚, 金影, 等. 股骨大转子疼痛综合征诊断和治疗研究进展[J]. 国际骨科学杂志, 2021, 42(5): 295-300.
Yang XY, Wang L, Jin Y, et al. Advances in diagnosis and treatment of the greater trochanter pain syndrome[J]. International Journal of Orthopaedics, 2021, 42(5): 295-300.
- [11] Cavallaro M, D'Angelo T, Albrecht MH, et al. Comprehensive comparison of dual-energy computed tomography and magnetic resonance imaging for the assessment of bone marrow edema and fracture lines in acute vertebral fractures[J]. Eur Radiol, 2022, 32(1): 561-571.
- [12] 张雯双, 王延宙, 李天友, 等. MRI前方软骨性头臼覆盖率在评价发育性髋关节发育不良治疗后髋关节功能的价值[J]. 中华放射学杂志, 2021, 55(10): 1076-1081.
Zhang WS, Wang YZ, Li TY, et al. The value of MRI anterior cartilaginous acetabulum-head-index to evaluate hip function after treatment of developmental dysplasia of the hip[J]. Chinese Journal of Radiology, 2021, 55(10): 1076-1081.
- [13] 沈瑞, 吴胤赞, 李玲, 等. 双能量CT虚拟去钙技术对骶髂关节炎骨髓水肿的诊断价值[J]. 实用放射学杂志, 2023, 39(4): 621-625.
Shen R, Wu YY, Li L, et al. Diagnostic performance of dual-energy CT virtual non-calcium technique for bone marrow edema in sacroiliitis [J]. Journal of Practical Radiology, 2023, 39(4): 621-625.
- [14] 王雷, 赵亚恒, 佟海滨, 等. 磁共振脂肪抑制技术对骨关节病变的临床应用价值[J]. 临床和实验医学杂志, 2022, 21(1): 99-102.
Wang L, Zhao YH, Tong HB, et al. Clinical application value of magnetic resonance fat suppression technique in osteoarthopathy[J]. Journal of Clinical and Experimental Medicine, 2022, 21(1): 99-102.
- [15] 孙振中, 黄冉冉, 曲文庆, 等. 3.0T MRI评估弹簧韧带内上束损伤[J]. 临床放射学杂志, 2020, 39(9): 1835-1839.
Sun ZZ, Huang RR, Qu WQ, et al. Evaluation of superomedial CNL injury in 3.0 T MRI[J]. Journal of Clinical Radiology, 2020, 39(9): 1835-1839.
- [16] 陈静, 王斌, 杨献峰. 3.0T磁共振T2*mapping成像分区评估膝关节软骨的应用价值[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2021, 27(5): 436-440.
Chen J, Wang B, Yang XF. Application value of 3.0 T MR T2* mapping in knee cartilage injury[J]. Chinese Computed Medical Imaging, 2021, 27(5): 436-440.

(编辑:黄开颜)