

• 骨骼肌肉影像学 •

MRI 4 种不同序列对 ARCO I 期股骨头缺血性坏死诊断比较研究

刘洋, 林俊东

【摘要】 目的:探讨 MRI T_1 WI、 T_2 WI、PDW 及 PDW-SPAIR 序列对 ARCO I 期股骨头缺血性坏死(avascular necrosis of the femoral head, ANFH)诊断价值的差异。**方法:**32 例一侧临床确诊的 ANFH 患者行 MRI 检查,发现对侧为 ARCO I 期 ANFH,2 周内再行 DSA 检查,以 DSA 为金标准,分析 T_1 WI、 T_2 WI、PDW 及 PDW-SPAIR 序列对 ARCO I 期 ANFH 的诊断价值。**结果:**ARCO I 期 ANFH 在 MRI 平扫上表现为股骨头区异常信号、骨髓水肿、髋关节积液。PDW-SPAIR 序列对股骨头信号异常、骨髓水肿、关节积液的检出均高于 T_1 WI 序列、 T_2 WI 和 PDW 序列。DSA 发现 30 例患者滋养动脉异常改变,确诊为 ANFH,2 例因股骨头滋养动脉未见明显异常而排除了 ANFH。 T_1 WI 序列诊断符合率 50.00%、灵敏度 46.67%、特异度 100%、阳性预测值 100%、阴性预测值 11.11%; T_2 WI 序列上述各值分别为 75.00%、73.33%、100%、100%、20.00%;PDW 序列各值分别为 78.13%、76.67%、100%、100%、22.22%;PDW-SPAIR 序列各值分别为 90.63%、96.43%、50%、93.10%、66.67%。诊断效能之间统计学分析表明 T_1 WI 序列与 T_2 WI、PDW 以及 PDW-SPAIR 序列之间差异均有统计学意义($P < 0.05$)。 T_2 WI、PDW 序列与 PDW-SPAIR 序列之间差异均有统计学意义($P < 0.05$), T_2 WI、PDW 序列间差异无统计学意义($P > 0.05$)。**结论:** T_2 WI、PDW 及 PDW-SPAIR 序列均可用来检出 ARCO I 期 ANFH,PDW-SPAIR 序列是最佳序列,从而有效指导临床早期诊断及治疗。在一侧确诊 ANFH 时,对侧尽量考虑做 DSA 检查,为可能介入治疗创造条件。

【关键词】 股骨头坏死;磁共振成像;血管造影术,数字减影

【中图分类号】 R681.8; R445.2; R816.2 **【文献标识码】** A

【文章编号】 1000-0313(2022)02-0224-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.02.015

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Comparative study of MRI different sequence in evaluating ARCO stage I avascular necrosis of the femoral head LIU Yang, LIN Jun-dong. Fujian Medical University, Zhangzhou Traditional Chinese Medical Hospital, Fuzhou 363000, China

【Abstract】 Objective: To explore the comparative value of MRI T_1 WI, T_2 WI, PDW and PDW-SPAIR sequences in evaluating association for research on osseous circulation (ARCO) stage I avascular necrosis of the femoral head (ANFH). **Methods:** The clinical data of 32 patients with clinically proved ANFH on one side underwent MRI, and ARCO stage I ANFHs were found on the other side. They also underwent digital subtraction angiography (DSA) in two weeks. Based on the results of DSA, the golden standard, we analyzed the diagnostic value of T_1 WI, T_2 WI, PDW and PDW-SPAIR sequences for detecting ARCO stage I ANFH. **Results:** On MRI scanning, the ANFHs of ARCO stage I were manifested as abnormal signal of femoral head area, bone marrow edema or hip joint effusion. The PDW-SPAIR sequence was the best method in displaying the detection of abnormal signal of femoral head, bone marrow edema and hip joint effusion. 30 patients with abnormal nourish blood vessels of femoral head were diagnosed by DSA, confirmed as ANFH, and 2 patients with no obvious abnormalities of nourish blood vessels were excluded the diagnosis of ANFH. For the diagnosis of the ANFHs of ARCO stage I, the diagnostic accuracy, sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value of T_1 WI sequence were 50.00%, 46.67%, 100%, 100% and 11.11% respec-

作者单位:363000 福州,福建省漳州市中医院

作者简介:刘洋(1987-),女,福建漳州人,主治医师,硕士,主要从事影像诊断与介入治疗。

通讯作者:林俊东, E-mail: jundonglin@163.com

基金项目:福建省医学创新课题(2019-CXB-22)、福建省漳州市自然科学基金资助项目(ZZ2013J36)

tively, those were 75.00%, 73.33%, 100%, 100% and 20.00% respectively of T₂WI sequence, 78.13%, 76.67%, 100%, 100% and 22.22% respectively of PDW sequence, however, 90.63%, 96.43%, 50%, 93.10% and 66.67% respectively of PDW-SPAIR sequence. Statistically significant differences in the diagnostic efficiency existed between T₁WI and T₂WI sequence, T₁WI and PDW sequence as well as T₁WI and PDW-SPAIR sequence (all $P < 0.05$). Statistically significant differences in the diagnostic efficiency existed between T₂WI and PDW-SPAIR sequences, PDW and PDW-SPAIR sequences also (all $P < 0.05$), although no significant difference was found between T₂WI and PDW sequences ($P > 0.05$).

Conclusion: T₂WI, PDW and PDW-SPAIR sequences can be all used to reveal the ANFH of ARCO stage I, and PDW-SPAIR sequences the best scanning sequence, thus effectively guiding clinical early diagnosis and treatment. After patients with clinically proved ANFH on one side underwent MRI, DSA should be referred to as soon as possible for further detail information as well as for possible transcatheter arterial infusion (TAI) on the other side.

【Key words】 Femur head necrosis; Magnetic resonance imaging; Angiography, digital subtraction

非创伤性股骨头缺血性坏死 (avascular necrosis of the femoral head, ANFH) 起病隐匿。国际骨循环学会 (Association Research Circulation Osseous, ARCO) 分期为 I 期的患者通常无自觉症状, 在 X 线及 CT 图像上无异常征象^[1]。MRI 是 ANFH 最敏感的无创检查方法, 但不同序列对 ARCO I 期 ANFH 诊断的敏感性不同, 常常是通过检查临床症状体征明显的一侧时无意中在对侧有 ARCO I 期的征象来判断^[2]。DSA 是检查 ANFH 血管病变的“金标准”^[3]。笔者搜集本院 32 例 ARCO I 期 ANFH 临床和 MRI 资料, 对照其 DSA 表现, 评估不同序列对 ARCO I 期 ANFH 诊断的敏感性, 旨在提高诊断的准确率。

材料与方法

1. 一般资料

纳入标准: ①年龄 20~60 岁; ②研究侧髋关节无临床症状、体征, 对侧为 ANFH; ③研究侧髋关节 X 线及 CT 检查无异常表现; ④研究侧 MRI 拟诊为 ANFH ARCO I 期。排除标准: ①研究侧髋关节外科手术史; ②碘对比剂使用高危者; ③研究侧髋关节发育不良。据以上标准搜集 2010 年 4 月—2020 年 11 月符合条件患者 32 例, 男 22 例, 女 10 例, 年龄 20~60 岁, 平均 (43.7 ± 12.5) 岁, 均行 MRI T₁WI TSE 序列、T₂WI TSE 序列、PDWI 序列、PDWI-SPAIR 序列扫描, 一侧确诊为 ANFH, 对侧 (研究侧) 有 ARCO I 期 ANFH 征象, 2 周内行股骨头滋养动脉 DSA 造影和经导管股骨头滋养动脉灌注术 (transcatheter arterial infusion, TAI) 治疗, 有完整的病史采集、髋关节查体、髋关节 MRI、DSA 检查图像资料及手术记录等资料。本研究经院伦理委员会批准 (20131110) 且获得患者签署的知

情同意书。

2. DSA 造影检查及 TAI 手术情况

患者仰卧于 DSA (Siemens Artis Zee III Ceiling) 检查床上, 对侧腹股沟区常规消毒铺巾, 用 2% 利多卡因局部麻醉后经对侧股动脉入路, 采用 Seldinger 技术置鞘, 行逐条股骨头滋养动脉造影, 用微导管超选择插管后行低分子右旋糖酐、罂粟碱、尿激酶、山莨菪碱和丹参混合液灌注, 如伴有 AVM, 先予以栓塞微球或弹簧圈栓塞瘘口后再行 TAI。详细记录手术过程以及病变血管名称、粗细、几级分支及有无异常分流。

3. MRI 检查方法

采用 Philips Achieva 1.5T MRI 扫描仪, 用体线圈行双髋关节图像采集。受检者取仰卧位, 双下肢伸直且稍内旋, 扫描范围包括髌骨、股骨上段。扫描序列: ① T₁WI 冠状面 (TR 646 ms, TE 18 ms, 层厚 3 mm、层距 0.5 mm, FOV 285 mm × 403 mm, 矩阵 114 × 142); ② T₂WI 冠状面 (TR 3612 ms, TE 100 ms, 层厚 3 mm、层距 0.5 mm, FOV 285 mm × 403 mm, 矩阵 252 × 270); ③ T₂WI 横轴面 (TR 3613 ms, TE 100 ms, 层厚 4 mm、层距 0.5 mm, FOV 285 mm × 403 mm, 矩阵 252 × 270); ④ PDWI 横轴面 (TR 2300 ms, TE 30 ms, 层厚 4 mm、层距 0.4 mm, FOV 300 mm × 350 mm, 矩阵 256 × 234); ⑤ PDWI-SPAIR 横轴面 (TR 2300 ms, TE 30 ms, 层厚 4 mm、层距 0.4 mm, FOV 300 mm × 350 mm, 矩阵 256 × 234); ⑥ PDWI-SPAIR 冠状面 (TR 2300 ms, TE 30 ms, 层厚 3 mm、层距 0.5 mm, FOV 285 mm × 403 mm, 矩阵 244 × 240)。所有扫描序列 FA 90°, NSA = 1, 全部图像均传送至图像存档通信系统 (PACS)。

4. ANFH 的 ARCO 分期 I 期中 MRI 表现

股骨头有阳性征象, 包括股骨头“双线征”、线样或

局限性信号异常、骨髓水肿以及髋关节腔内积液。I A 期股骨头坏死范围占股骨头面积 $<15\%$ ；I B 期坏死范围占股骨头面积为 $15\% - 30\%$ ；I C 期坏死范围占股骨头面积 $>30\%$ 〔1,2〕。

5. ANFH 的 DSA 定义

股骨头滋养动脉主干扭曲、变细,分支稀疏、纤细甚至闭塞或伴有 AVM, TAI 后 10d 左右行第二次 TAI 治疗前造影,对比相同时相的第一次图片,血管数量增多、增粗或者延长,闭塞血管再通,AVM 瘘口被栓塞。

6. MRI 图像评价

由两名高年资 MRI 诊断医师经同一认定培训后采用盲法记录、阅读图像。ARCO I 期 ANFH 的 MRI 相应序列见股骨头“双线征”、线样或局限性信号异常、骨髓水肿以及髋关节腔内积液〔2〕,髋关节积液厚度大于同层面的关节间隙最狭窄部位认定为阳性征象。意见不一致时通过协商讨论以达成一致意见。

7. 统计学处理

采用 SPSS 22.0 统计分析软件,不同序列对股骨头异常信号、骨髓水肿、髋关节积液的显示率比较采用 X² 检验并运用 X² 分割进行两两比较。 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

结 果

1. MRI 表现

32 例患者研究侧 MRI 均拟诊为 ARCO I 期 ANFH,表现为股骨头“双线征”、线样或局限性信号异常,髋臼、股骨头、颈或粗隆间骨髓水肿或髋关节腔内积液

(图 1a~d)。不同序列上股骨头信号迥异,如 T₁WI-TSE 序列上股骨头为等信号、T₂WI-TSE 序列上为线样征、PDWI 序列表现为斑片状低信号、PDWI-SPAIR 序列上则为斑片状高信号(图 2a~d)。

2. TAI 术及 DSA 诊断结果

32 例患者研究侧 DSA 造影显示 30 例有一支或多支血管异常改变,表现为股骨头的旋股内侧动脉、旋股外侧动脉或闭孔动脉主干扭曲,分支等滋养血管僵直、变细、狭窄、闭塞、纤细侧枝形成(图 1e),以及与邻近血管形成交通支,在关节囊周围见网状侧枝形成(图 1f),滋养动脉主干或分支 AVM(图 2e)。第二次 TAI 术前造影,对比第一次相同时相的图片,扭曲的主干舒展,滋养血管柔顺、数量增多、增粗并延长,闭塞及痉挛的血管再通或建立侧支循环血管,原动静脉分流道被栓塞。2 例在 PDW-SPAIR 序列上见股骨头斑片状高信号,其滋养动脉 DSA 造影未见异常而排除了诊断,未做二次 DSA 检查。

3. MRI 各个序列对 ARCO I 期 ANFH 检出的主要征象比较

30 例 DSA 证实为 ARCO I 期 ANFH 中,1 例见髋关节积液和骨髓水肿,1 例仅见髋关节积液,另 1 例仅见骨髓水肿,其股骨头信号均未见异常。PDW-SPAIR 序列对股骨头信号异常、骨髓水肿、关节积液的检出均高于其它 3 种序列(表 1)。以 DSA 为金标准,T₁WI 序列诊断的符合率为 50.00%,灵敏度 46.67%,特异度 100.00%,阳性预测值 100.00%,阴性预测值 11.11%;T₂WI 序列上述数值分别为 75.00%,73.33%,100.00%,100.00%,20.00%;PDW 序列为

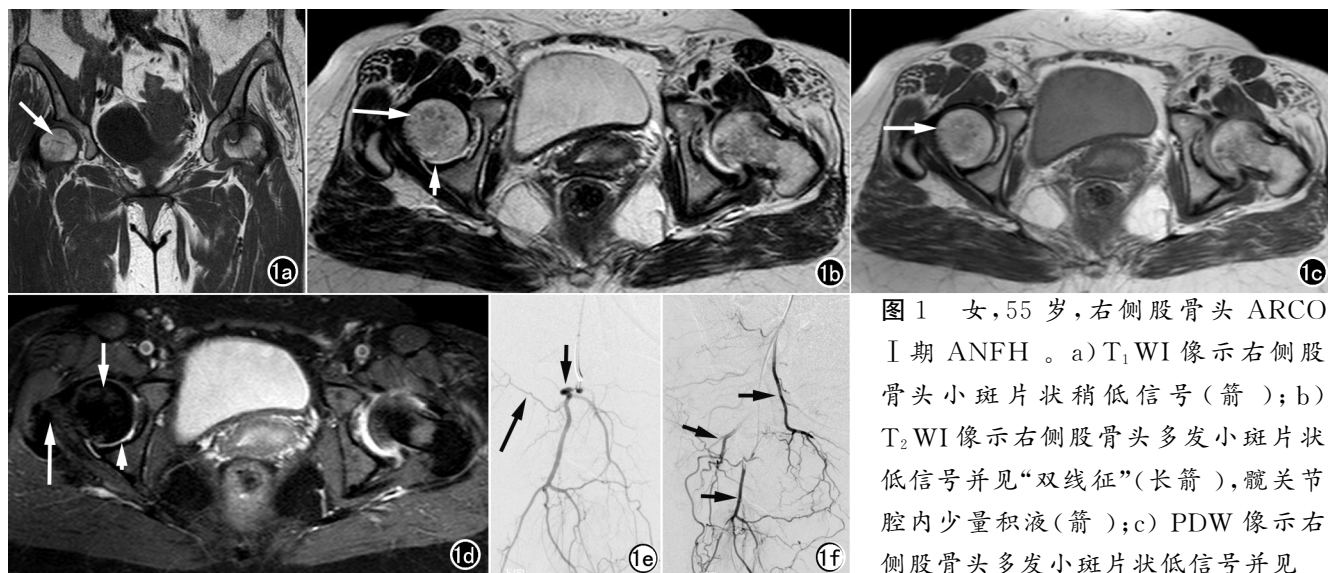


图 1 女,55 岁,右侧股骨头 ARCO I 期 ANFH。a) T₁WI 像示右侧股骨头小斑片状稍低信号(箭);b) T₂WI 像示右侧股骨头多发小斑片状低信号并见“双线征”(长箭),髋关节腔内少量积液(箭);c) PDW 像示右侧股骨头多发小斑片状低信号并见

“双线征”(箭);d) PDW-SPAIR 像示 右侧股骨头病灶呈多发小斑片状高信号(箭),并见股骨头颈部骨髓水肿(长箭)、髋关节腔内少量积液(箭头);e) 微导管超选择造影见右侧旋股内侧动脉主干迂曲(箭),分支纤细(长箭);f) 右侧旋股内侧动脉起始处造影见臀下动脉、闭孔动脉、阴部内动脉均与之交通(箭)。

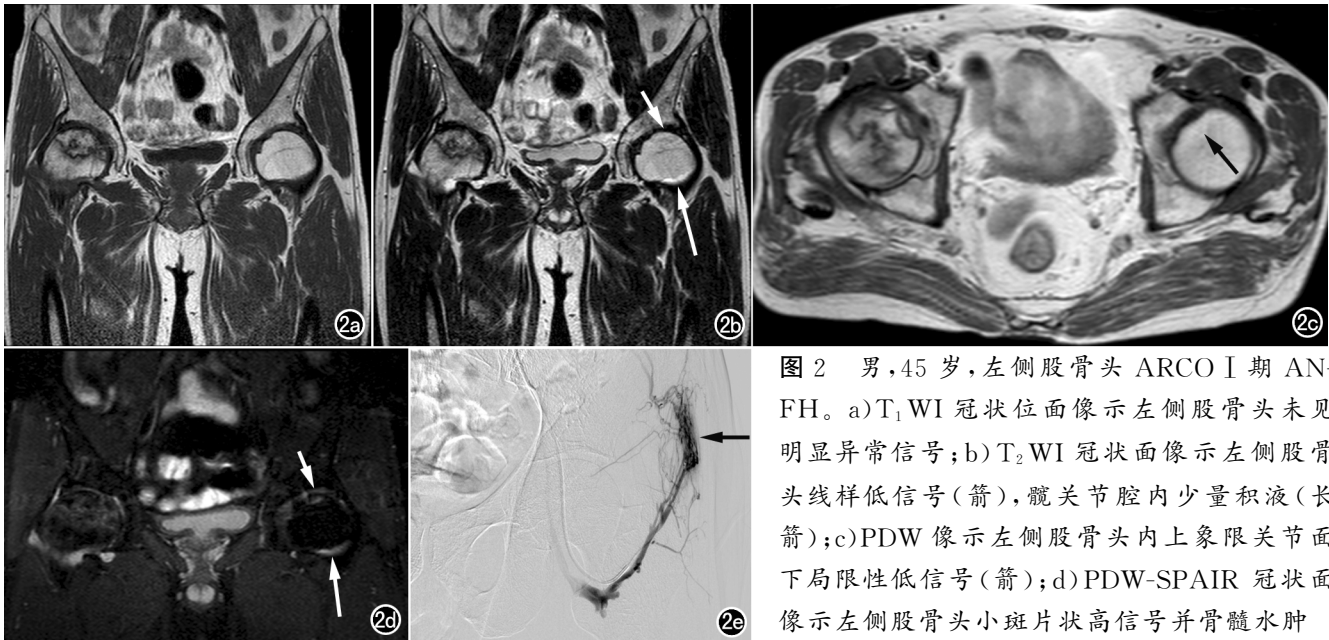


图2 男,45岁,左侧股骨头 ARCO I 期 AN-FH。a)T₁WI 冠状位图像示左侧股骨头未见明显异常信号;b)T₂WI 冠状面像示左侧股骨头线样低信号(箭),髋关节腔内少量积液(长箭);c)PDW 像示左侧股骨头内上象限关节面下局限性低信号(箭);d)PDW-SPAIR 冠状面像示左侧股骨头小斑片状高信号并骨髓水肿

(箭),髋关节腔内少量积液(长箭);e)左侧旋股外侧动脉升支 AVM(箭),血流汇入股深静脉,未见滋养左侧股骨头。

表1 32例受检者不同序列 MRI 征象比较 n(%)

MRI 征象	阳性例数(阳性率)				χ^2	P
	T ₁ WI	T ₂ WI	PDWI	PDWI-SPAIR		
股骨头信号异常	14(43.75%) ^a	22(68.75%) ^{ab}	23(71.88%) ^{ab}	29(90.63%) ^b	16.582	0.001
骨髓水肿	9(28.13%) ^a	17(53.13%) ^{ab}	16(50.00%) ^{ab}	22(68.75%) ^b	10.750	0.013
髋关节积液	7(21.88%) ^a	25(78.13%) ^b	26(81.25%) ^b	27(84.38%) ^b	38.207	<0.001

注:多组两两比较,采用分割($\alpha=0.008$)。标注符号完全不同表示 $P<0.05$

78.13%, 76.67%, 100.00%, 100.00%, 22.22%; 而 PDW-SPAIR 序列为 90.63%, 96.43%, 50.00%, 93.10%, 66.67%。诊断效能统计学分析显示 T₁WI 序列与 T₂WI、PDW、PDW-SPAIR 序列之间差异均有统计学意义($P<0.05$), T₂WI、PDW 与 PDW-SPAIR 序列间差异均有统计学意义($P<0.05$), 而 T₂WI、PDW 序列间差异无统计学意义($P>0.05$)。

讨论

新修订的 ARCO 分期为 4 分期体系, I 和 II 期为塌陷前病变, III 期分为早、晚期, X 线片出现关节间隙变窄、髋臼改变和关节破坏的骨关节炎表现归入 IV 期, 并没有对早期 ANFH 的 MRI 表现与组织学间进行同步化研究, 对 ANFH 治疗指导和预后判断的价值有待进一步验证^[4]。股骨头的脂肪细胞死亡, 纤维组织替代脂肪和造血细胞时 MRI 即可发现信号异常, 故 MRI 是诊断 ANFH 最早、最敏感的无创检查技术^[5]。ARCOI 期 ANFH 可无临床症状和体征, MRI 表现常不典型而漏诊, 错失早期治疗的机会^[3]。据 ANFH 单侧起病, 最后累及双侧股骨头的特点^[6], 笔者通过已确诊一侧的 MRI 图片, 寻找对侧可能存在 ARCOI 期的

MRI 征象, 再经 DSA 造影证实, 评估各序列诊断的敏感性。

MRI 不同序列的成像侧重点不同。T₁WI 上组织解剖结构清晰, T₂WI 对组织病理改变敏感, PDW 序列信号主要来自组织中水分子和(或)脂肪中的氢质子^[2]。PDW-SPAIR 则是 PHILIPS 公司独特的脂肪抑制技术, 更好地显示骨髓、软骨、水肿及积液等病变, 图像解剖结构清晰, 层次丰富^[7]。ARCO I 期 ANFH 的 MRI 表现: ①病灶边缘见硬化反应, T₁WI 上见局限性黑色线状低信号。②T₂WI 上低信号线内侧见一条高信号线, 即双线征。③PDW 序列上为局限性高信号、低信号及等信号。④病灶在 PDW-SPAIR 序列上为黑色背景下的高信号, 显示最为敏感。本研究也表明 PDW-SPAIR 对股骨头信号异常诊断阳性率达 90.63%, 在所有检查序列中最高, 是诊断 ARCO I 期 ANFH 的优选序列。但 PDW-SPAIR 序列可能存在伪影^[8], 而且还需要排除卧床、肥胖、运动、机体缺血缺氧、脂肪和水比例改变造成骨髓信号异常^[9,10], 本组 2 例 PDW-SPAIR 序列上发现股骨头局限性高信号, 拟诊 ARCO I 期 ANFH, 经 DSA 造影修订了诊断, 推测是受检者肥胖引起股骨头骨髓局限性信号异常, 造成

误判。

本组资料表明股骨近端骨髓水肿是 ARCO I 期 ANFH 常见征象,以 PDW-SPAIR 序列最为敏感,阳性率达 68.75%,进一步研究发现 DSA 造影时骨髓水肿区血管增多或存在异常交通支,笔者认为是因为此时 ARCO I 期 ANFH 患者的机体启动代偿机制,病变周围侧支循环建立和潜在的交通支开放使相应区域灌注增加,完成股骨头坏死灶的营养供给及代谢产物的运输,即骨髓水肿与该区域过度灌注有关,是 ARCO I 期 ANFH 可逆转的病理生理过程。Koo 等^[11]也对股骨近端骨髓水肿患者进行相关血管造影观察,结果显示患者股骨近端滋养血管扩张;应用核素扫描提示患者股骨近端核素摄取增加,表明该区域血流增加或毛细血管通透性增高,说明骨髓水肿是相应区域血流灌注增加所致,不是股骨头塌陷的先兆^[12]。本研究表明髋关节积液是 ARCO I 期 ANFH 仅次于股骨头信号异常的常见影像特征,同样以 PDW-SPAIR 序列最为敏感,阳性率高达 84.38%,笔者推测上述的相应区域过度灌注促使髋关节囊分泌关节液进入关节腔,形成髋关节积液,并参与坏死区代谢物交换,从而使早期坏死灶得以修复,即 ARCO I 期 ANFH 的髋关节积液也是机体的代偿表现。本研究 3 例仅见髋关节积液或/和骨髓水肿,股骨头信号无异常,DSA 发现其旋股内侧动脉变细,臀下动脉侧支循环建立而诊断为 ARCO I 期 ANFH,经 1 次 TAI 后造影,上述 MRI 表现消失。故笔者认为 ARCO I 期 ANFH 的滋养血管可以是代偿性增加,一旦致病因素消失或经过有效治疗可逆转影像学改变,反之,则出现 ANFH 典型的 DSA 及 MRI 征象。

ANFH 分期体系应能定位和定量分析坏死区域,反应 ANFH 的病理演变,指导治疗方案的选择和评估预后。然而,本研究表明 ARCO I 期 ANFH 的坏死灶可先位于对缺血缺氧敏感的骨髓而不累及股骨头表面,甚至在 MRI 各序列上股骨头均无病灶,仅见骨髓水肿和/或关节积液,因此,据股骨头坏死范围占股骨头面积来进行分期有明显缺陷。况且,新修订 ANFH ARCO 分期体系未阐明骨髓水肿及股骨头滋养血管改变的临床意义,值得商榷,相信这些不足之处在将来会得到不断修订和完善。

本研究的局限性:① 回顾性单中心资料,限制了统计学效能;② 基于对侧为 ANFH 的研究,难以避免样本选取的偏倚;③ 以 DSA 诊断 ANFH,缺乏病理学

依据。

总之, T_2 WI、PDW 及 PDW-SPAIR 序列均可用来检出 ARCO I 期 ANFH,PDW-SPAIR 序列是最佳序列,从而有效指导临床早期诊断及治疗。在一侧 MRI 图像上发现 ANFH 时,对侧尽可能行 DSA 造影检查有助于提高 ARCO I 期 ANFH 诊断的准确率,避免漏诊,为可能介入治疗创造条件。

参考文献:

- [1] Yoon BH, Mont MA, Koo KH, et al. The 2019 revised version of Association Research Circulation Osseous staging system of osteonecrosis of the femoral head[J]. J Arthroplasty, 2020, 35(4): 933-940. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2019.11.029>.
- [2] 江浩. 骨与关节 MRI[M]. 第 2 版. 上海: 上海科学技术出版社, 2011: 169-174.
- [3] 林俊东, 徐建成, 何彬娟, 等. MRI 随访在经导管灌注治疗非创伤性股骨头缺血性坏死疗效评估中的价值[J]. 临床放射学杂志, 2016, 35(4): 611-616.
- [4] 孙伟, 李子荣. 2019 国际骨循环研究协会股骨头坏死分期[J]. 中华骨科杂志, 2020, 40(13): 889-892. DOI: 10.3760/cma.j.cn121113-20200311-00155.
- [5] 胥少汀, 葛宝丰, 徐印坎. 实用骨科学[M]. 第 4 版. 北京: 人民军医出版社, 2012: 1860.
- [6] HW Wang, DR Chen, HW Yu, et al. Forecasting the incidence of dementia and dementia-related out patient visits with googletrends: evidence from Taiwan[J]. J Med Internet Res, 2015, 17(11): e264. DOI: 10.2196/jmir.4516.
- [7] Foppen W, Schaaf IC, Beek FJ, et al. Diagnostic accuracy of point-of-care ultrasound for evaluation of early blood-induced joint changes: Comparison with MRI[J]. Haemophilia, 2018, 24(6): 971-979. DOI: <https://doi.org/10.1111/hae.13524>
- [8] 齐国将, 彭鹏. 磁共振 Dixon 技术在骨髓脂肪定量中的应用[J]. 放射学实践, 2020, 35(10): 1344-1347. DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2020.10.026.
- [9] 冷群, 仲将, 马伟丽, 等. MRI 对非职业马拉松运动员髋部骨髓转化的评价[J]. 中华放射学杂志, 2019, 53(10): 829-833. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2019.10.007.
- [10] Belavy DL, Quittner MJ, Ridgers ND, et al. Specific modulation of vertebral marrow adipose tissue by physical activity[J]. J Bone Miner Res, 2018, 33(4): 651-657. DOI: <https://doi.org/10.1002/jbmr.3357>.
- [11] Koo KH, Ahn IO, Song HR, et al. Increased perfusion of the femoral head in transient bone marrow edema syndrome[J]. Clin Orthop Relat Res, 2002, 402(NA): 171-175.
- [12] 雷新玮, 展影, 屈瑾, 等. 非创伤性股骨头缺血性坏死塌陷预测的 MRI 研究[J]. 中华放射学杂志, 2013, 47(6): 529-533. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2013.06.011.

(收稿日期: 2021-01-03 修回日期: 2021-06-03)