

·临床研究·

对比增强3D STIR SPACE序列对子宫内位症患者 骶丛神经异常的显示

毛丽娟, 何绍富, 王朝阳, 李美芝, 胡仰玲, 王梦意, 张小玲
(中山大学附属第一医院放射科, 广东 广州 510080)

摘要:【目的】探讨增强3D STIR SPACE序列对盆腔子宫内位症患者骶丛神经异常的显示价值, 并与增强3D VIBE序列进行对比。【方法】病例组包括30名子宫内位症患者, 对照组包括20名健康女性, 均接受盆腔MRI检查, 包括对比增强3D STIR SPACE序列和增强3D VIBE序列。评估骶丛神经显示的图像质量以及子宫内位症患者中的骶丛神经侵犯。【结果】对照组和病例组中, 3D STIR SPACE序列和3D VIBE序列均能很好地显示骶丛神经纤维($P<0.001$)。阅片者应用3D-STIR-SPACE序列对病变的诊断信心分数一致性较强(Kappa=0.684, $P<0.001$), 应用3D-VIBE序列的诊断信心分数一致性一般(Kappa=0.130, $P=0.386$)。【结论】对比增强T2-SPACE序列和3D VIBE序列能够清晰显示骶丛神经, 前者对盆腔子宫内位症患者骶丛神经异常的显示更有优势。

关键词:对比增强; 3D STIR SPACE序列; 子宫内位症; 骶丛神经

中图分类号: R445.2; R744

文献标志码: A

文章编号: 1672-3554(2021)01-0066-07

Contrast Enhanced 3D STIR SPACE Sequence in Displaying Sacral Nerve Plexus Abnormalities in Pelvic Endometriosis

MAO Li-juan, HE Shao-fu, WANG Chao-yang, LI Mei-zhi, HU Yang-ling, WANG Meng-yi,
ZHANG Xiao-ling

(Department of Radiology, The First Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China)

Correspondence to: ZHANG Xiao-ling; E-mail: zhxiaol6@mail.sysu.edu.cn

Abstract:【Objective】To investigate the value of contrast enhanced 3D STIR SPACE sequence and compare it with contrast enhanced 3D VIBE sequence in displaying the sacral nerve plexus abnormalities in pelvic endometriosis.【Methods】All the 30 patients with endometriosis and 20 healthy women received pelvic MRI examinations by contrast enhanced 3D STIR SPACE sequence and contrast enhanced 3D VIBE sequence. Then we evaluated and analyzed the image quality and diagnostic confidence of the two sequences in identifying the sacral nerve plexus abnormalities.【Results】Sacral plexus nerve fibers were clearly revealed in both healthy controls and patients with endometriosis on 3D STIR SPACE sequence and 3D VIBE sequence. The consistency of diagnosis confidence by two readers using 3D-STIR-SPACE sequence was strong (Kappa=0.684, $P<0.001$), using 3D-VIBE sequence was moderate (Kappa=0.130, $P=0.386$).【Conclusions】Both 3D STIR SPACE sequence and 3D VIBE sequence can clearly display sacral plexus nerve fibers. 3D STIR SPACE sequence has more advantages in showing sacral plexus abnormalities in pelvic endometriosis.

Key words: contrast enhanced; 3D STIR SPACE sequence; pelvic endometriosis; sacral plexus

[J SUN Yat-sen Univ (Med Sci), 2021, 42(1):66-72]

收稿日期: 2020-11-10

基金项目: 国家自然科学基金(81801454)

作者简介: 毛丽娟, 硕士, 主管技师, 研究方向: 盆腔磁共振检查技术及乳腺磁共振检查技术, E-mail: 53334144@qq.com; 张小玲, 副主任医师, 通信作者, 研究方向: 女性盆腔生殖系统的磁共振成像及诊断, E-mail: zhxiaol6@mail.sysu.edu.cn

利用MR对人体外周神经进行成像的方法称为MR神经成像(magnetic resonance neuroimaging, MRN),是一种有效的显示周围神经的方法。MR神经成像主要利用各种三维成像序列进行成像,其中包括高T2权重的序列,例如磁共振高分辨率三维稳态干扰序列(three dimensional constructive interference in steady state, 3D-CISS)和磁共振可变翻转角的三维快速T2自旋回波成像序列(3D sampling perfection with application optimized contrasts using different flip angle evolutions, 3D-T2-SPACE)^[1-2]。3D T2-SPACE序列可以提供高分辨率的各向同性的三维容积数据,在脑脊液低信号的衬托下,神经显示为高信号,这样便于检出占位性病变,可以更好地显示神经压迫的情况^[3-4]。操作者既可以垂直于神经重建,也可以沿着神经的走向行斜面重建,有助于分析神经走行区域发生的损伤。其中,最大密度投影(maximal intensity projection, MIP)和多平面重建(multi-planer reformation, MPR)技术对于显示肿瘤导致的神经变形或挤压特别有应用价值,通过显示复杂的神经卡压,发现占位性损伤。3D-STIR-SPACE序列(3D-short term inversion recovery-sampling perfection with application-optimized contrasts by using different flip angle evolutions)是使用了脂肪抑制技术的3D T2-SPACE序列,利用此序列显示骶丛神经,在女性子宫内膜异位症中可以评价骶丛神经异常,为临床治疗提供依据^[5-9]。本研究目的在于利用增强3D-STIR-SPACE序列显示骶丛神经,评价盆腔子宫内膜异位症患者骶丛神经异常,并与增强三维容积内插快速扰相梯度回波T1WI序列(three dimension volumetric interpolated breath-hold examination, 3D-VIBE)进行对照,评价二者的诊断价值。

1 材料与方 法

1.1 研究对象

本研究经中山大学附属第一医院伦理委员会批准豁免知情同意。2016年2月至2019年12月期间,对39例因临床诊断盆腔子宫内膜异位症的女性患者进行盆腔磁共振检查。本病例组纳入标准为临床及影像诊断子宫内膜异位症并行盆腔磁共振检查,图像质量好;排除标准包括临床怀疑但影像不诊断子宫内膜异位症者,合并其他盆腔疾病,

之前接受过盆腔手术,怀孕,患有癌症者。有30名子宫内膜异位症患者纳入病例组,9例因综合诊断排除子宫内膜异位症诊断或合并其他盆腔疾病被剔除。另选20名年龄、体质量匹配的女性组成对照组,入选标准包括:无下腹痛、盆腔痛,无腰痛及坐骨神经痛的临床病史,因其他原因接受磁共振检查,自愿接受盆腔平扫及增强扫描。既往妇科超声诊断子宫或盆腔病变的女性,孕期或接受过盆腔手术的女性不能纳入本对照组。对照组与病例组接受相同的盆腔磁共振扫描序列。30名患者均接受了腹腔镜手术,术中报告了子宫内膜异位症的位置和范围。

1.2 MR检查序列

使用多通道相控阵线圈和脊柱线圈在3T磁体(Trio, Siemens Healthcare)上进行成像。在增强前常规扫描2D T2加权TSE的三个方位(轴位、冠状位和矢状位)。增强扫描用20至22-gauge静脉针经肘前静脉注射钆对比剂(Gd, Magnevist; Schering, Berlin, Germany),剂量为0.2 mL/kg,注射速率1 mL/s,再以相同速率注射20 mL生理盐水,均使用高压注射器进行。获得增强3D STIR T2加权的SPACE序列和3D VIBE序列图像。

3D-STIR-SPACE序列参数如下:重复时间(TR)=3 600 ms,回波时间(TE)=217 ms,反转时间(TI)=220 ms,翻转角(FA)=150度,体素大小为1.0×1.0×1.0 mm;加速因子=107,视野(FOV)=380×380 mm,采用频率饱和和抑脂技术,采集时间TA=6~8 min,取决于所需的覆盖范围。采集平面是冠状的,相位编码方向为上下,相位方向过采样为60%,扫描定位框以骶丛为中心。事先告知患者检查时间较长,让其在检查期间尽量保持不动。3D VIBE序列参数:重复时间(TR)=3.83 ms,回波时间(TE)=1.38 ms,反转时间(TI)=220 ms,翻转角(FA)=13度,体素大小为1.0×1.0×1.0 mm,视野(FOV)=450×380 mm,采用频率饱和和抑脂技术,采集时间TA=1 min 40 s,相位编码方向为左右。

1.3 图像分析

所有图像由2名磁共振诊断经验丰富的医师(1名20年妇科影像诊断方向医师,1名10年妇科影像诊断方向医师)在未知临床病史的情况下进行独立阅片,对3D-STIR-SPACE和3D-VIBE序列图像进行随机单独阅片。对L5-S2骶丛神经的显示清晰度记分,1分是不能分辨,2分为图像不佳,3分

为满意,4分为图像质量优。记录骶丛神经的解剖途径,形状,神经纤维的边界。

对病例组进行骶丛神经(L5~S2)解剖结构异常的诊断,包括神经纤维不规则或结构紊乱,神经受压,神经纤维与与内膜异位病变粘连;还包括信号异常,即代表神经病变的神经纤维信号不均匀。每个病例均重建薄层MIP图像,包括冠状面和斜冠状面,以及通过神经丛的曲面重建。薄层MIP的层厚是5 mm,或7 mm,层间距是1 mm。阅片者对子宫内位异位症患者骶丛神经诊断信心打分,1不可评估,2较难评估,需进一步检查,3可以诊断,4可以明确诊断。大于等于3分被认为该序列是可以用来诊断的。对3D-STIR-SPACE序列和3D-VIBE序列的显示情况分别给予评分并进行对照。

1.4 统计学分析

采用SAS 9.4进行统计学分析。用 t 检验对病例组和对照组两组间年龄和体质量的差异进行分析。采用Kruskal-Wallis H 检验分析3D-STIR-SPACE序列和3D-VIBE序列诊断分数的差异。采用加权kappa一致性分析评估两位阅片者图像质量评分和诊断信心的一致性。Kappa取值从-1到1,认为Kappa值大于等于0.75时二人具有高度一致性,<0.75但大于等于0.4时一致性较好,<0.4时一致性较差。 $P<0.05$ 认为差异有统计学意义。非正态分布的计量资料用中位数(下四分位数~上四分位数) $M(P_{25} \sim P_{75})$ 表示。阅片者对病例组和对照组图像质量评分的差异性分析使用两独立样本的Wilcoxon秩和检验(Wilcoxon rank-sum test),检验水准双侧0.05。

2 结果

2.1 基线资料比较

病例组中,30例患者中位年龄39(25~47)岁,

体质量53(41~65)kg。对照组,中位年龄38(25~46)岁,中位体质量52(43~64)kg,病例组和对照组的年龄和体质量无统计学差异。MRI显示子宫内位异位症累单侧或双侧卵巢及附件组织27例,19例位于子宫-直肠陷凹,累及直肠表面2例,1例累及膀胱,1例累及前腹壁,3例侵犯梨状肌和闭孔内肌。20例中13例并发子宫腺肌症。

2.2 MR显示骶丛神经

3D-STIR-SPACE可清晰显示所有对照组和病例组的骶丛神经,包括L5~S2。由于是在增强后扫描的T2WI,淋巴结和血管为低信号,整个盆腔脂肪抑制后可获得均匀的“黑色”背景,骶丛神经显示为轮廓清晰的高信号,没有淋巴结及血管的重叠。骶丛神经可全程显示,从脊神经根处到梨状肌下孔处。

对照组20例受试者的图像均在正常低信号背景下,显示骶丛神经结构对称,边缘规则、清晰,信号均匀。3D-STIR-SPACE序列图像质量的评分表显示阅片者1对其中1例S2神经(1/20)评分为1分,其他(19/20)均为3分或4分;阅片者2对其中1例S2神经(1/20)评分为1分,2例S2神经(2/20)评分为2分,其他17例(17/20)均为3分或4分。3D-VIBE序列图像质量的评分表显示,阅片者1对所有病例评分均为3分或4分;阅片者2对其中2例S2神经(1/20)评分为2分,其他18例(18/20)均为3分或4分。两位阅片者诊断一致性较好(表1)。

病例组30例患者中,3D-STIR-SPACE序列图像质量的评分表显示,阅片者1对其中1例S2神经(1/30)评分为1分,其他(19/30)均为3分或4分;阅片者2对其中1例S2神经(1/30)评分为1分,2例S2神经(2/30)评分为2分,其他27例(27/30)均为3分或4分;3D-VIBE序列图像质量的评分表显示,阅片者1和阅片者2对所有L5-S2神经图像质量评分均为3分或4分。两位阅片者诊断一致性较好(表1)。

表1 阅片者对骶丛神经图像质量评分的一致性

Table 1 Consistency of image quality score of sacral plexus among readers

| Groups | Sequence | Kappa | 95%CI | P |
|---------|----------|-------|---------------|--------|
| Control | SPACE | 0.864 | (0.740,0.988) | <0.001 |
| | VIBE | 0.697 | (0.522,0.872) | <0.001 |
| Case | SPACE | 0.864 | (0.740,0.988) | <0.001 |
| | VIBE | 0.562 | (0.362,0.761) | <0.001 |

将两位阅片者应用3D-STIR-SPACE序列和3D-VIBE序列给病例组和对照组图像质量的评分进行对比,显示两个序列的图像质量评分无统计学差异(表2)。

表2 两位阅片者应用两种序列对病例组和对照组图像质量的评分对比

Table 2 Comparison of image quality between case group and control group by two sequences

| Sequences | Z | P |
|------------------------------------|---------------------|-------|
| Reader 1 using STIR-SPACE sequence | 0.000 ¹⁾ | 1.000 |
| Reader 2 using STIR-SPACE sequence | 0.000 ¹⁾ | 1.000 |
| Reader 1 using VIBE sequence | 0.950 | 0.330 |
| Reader 2 using VIBE sequence | 0.008 | 0.923 |

¹⁾ Wilcoxon rank-sum test with two independent samples was used. The result was $Z=0.000$, three significant figures kept.

2.3 病例组骶丛神经异常的显示及诊断

病例组3D-STIR-SPACE序列图像上,1例患者的双侧S2神经未显示,其他患者腰5-骶2的骶丛神经均全程显示,3D-VIBE序列显示了所有病例的L5-S2的神经纤维。21例患者(21/30)发现骶丛神经异常,包括腰5(14/30人),骶1(16/30人),和骶2(13/30人)。其中,14个患者单侧神经异常,7个双侧神经异常。主要的神经改变为神经纤维受压移位,神经纤维结构紊乱,信号异常(图1)。2例可见神经纤维与异位灶粘连(图2-3),同时神经纤维不规则,信号不均匀。在5例患者,3D-STIR-SPACE发现骶神经异常,而3D-VIBE没有很好的显示,主要包括异位灶与神经纤维粘连,神经纤维边缘不规则、信号不均匀。3D-STIR-SPACE序列的诊断信心分数一致性较强($Kappa=0.684, P<0.001$),3D-VIBE序列的诊断信心分数一致性一般($Kappa=0.130, P=0.386$;表3)。

表3 阅片者对子宫内膜异位症患者骶丛神经异常的诊断一致性

Table 3 Diagnostic consistency of sacral plexus abnormalities in patients with endometriosis

| Sequences | Kappa | P | 95%CI |
|------------|-------|--------|-----------------|
| STIR-SPACE | 0.684 | <0.001 | (0.357, 1.000) |
| VIBE | 0.130 | 0.386 | (-0.200, 0.460) |

两位阅片者分别使用3D-STIR-SPACE、3D-VIBE序列对病变的诊断信心的评分结果均无统计学差异(阅片者1, $H=1.576, P=0.455$;阅片者2, $H=0.154, P=0.926$;表4)。

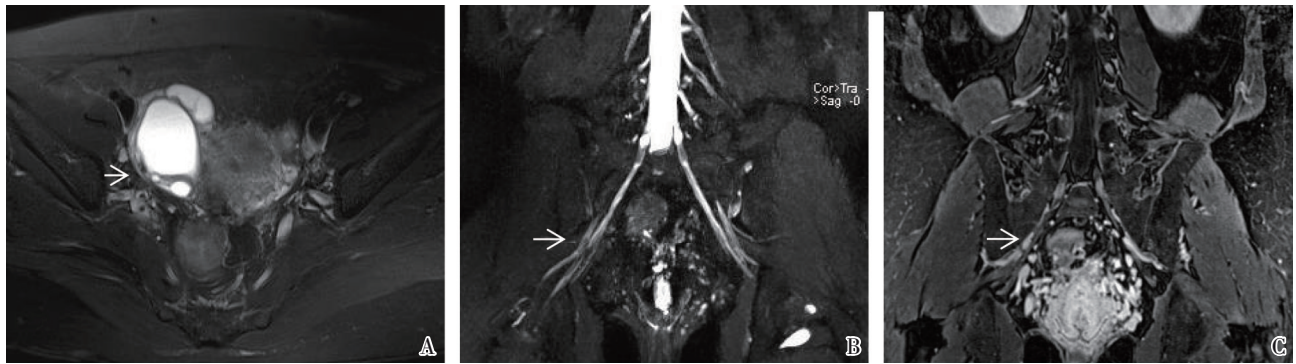
表4 3D-STIR-SPACE和3D-VIBE序列诊断信心的差异分析结果

Table 4 Difference analysis results of diagnostic confidence between 3d-stir-space and 3D-VIBE sequences

| | H | P |
|----------|-------|-------|
| Reader 1 | 1.576 | 0.455 |
| Reader 2 | 0.154 | 0.926 |

3 讨论

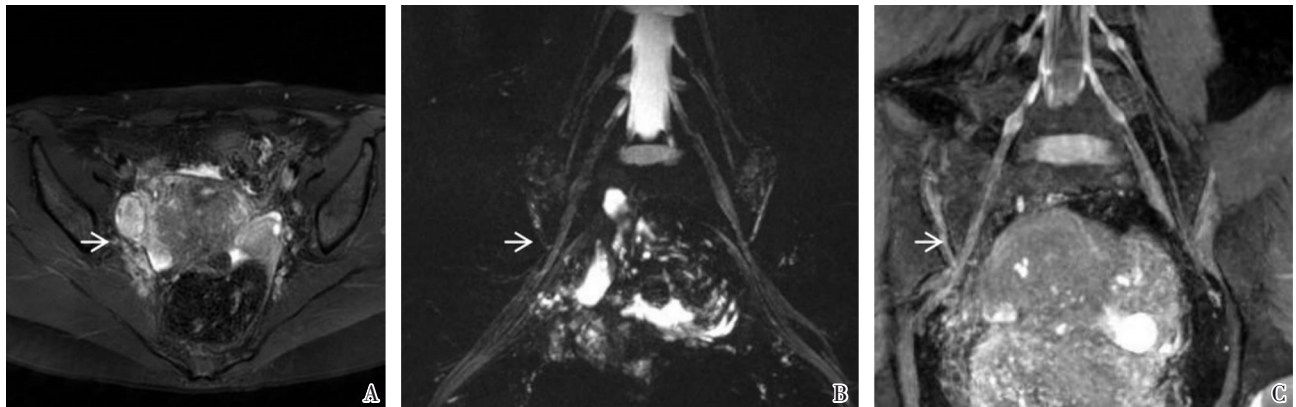
由于3D-STIR-SPACE序列和3D-VIBE序列都是各项同性或类似各向同性的高分辨率容积成像,成像范围大,层厚可降至1 mm以下;可进行多方位的图像重建,可以对血管和神经从任意方向进行重建观察,甚至进行曲面重建实现全程显示。3D-STIR-SPACE序列是从快速自旋回波序列上发展而来,组织对比度好,血管流空效应也好。在臂丛神经肿瘤的显像中已得到越来越广泛的应用^[3-4,10-14]。本研究采用了盆腔对比增强3D-STIR-SPACE序列,最大程度地抑制了盆腔高信号的脂肪背景,从而提高骶丛神经的显示,且没有盆腔血管及淋巴结的重叠与遮盖。通过MIP和MPR重建后将骶丛神经和内膜异位症病灶显示得更加精准,可提高诊断价值。3D-VIBE序列采用各向同性或类似各向同性空间分辨力的3D射频扰相梯度回波序列进行数据采集,扫描时间短,并且由于在z轴的高分辨率,可获得多平面和三维的高空间分辨率及高信噪图像。该序列是类似T1W效果的序列,在腹部、骨骼肌肉系统和乳腺MRI中都获得很好的应用^[15-17]。增强的3D-VIBE序列图像上血管呈明显高信号,神经及正常软组织呈相似的等信号,与血管形成了良好的对比。由于图像的各向同性的高分辨,使得周围神经纤维可以得到清晰的显示。鉴于以上两个序列各自的特点和差异性,本组研究对象中,不论在病例组还是对照组,两个序列都能良好地显示骶丛神经纤维结构。研究者们认为,在



Patient 1, female, 37 years old. A: Axial T2WI with fat suppress. Endometriosis was found in the right part of pelvis (white arrow). B: 3D-STIR-SPACE. The right nervous fibers of the sacral plexus were involved and showed decreased intensity and thin (white arrow). C: 3D-VIBE. The nervous fibers of the sacral plexus showed isointensity and normal course (white arrow).

图1 患者1盆腔子宫内膜异位症患者3D-STIR-SPACE序列图像

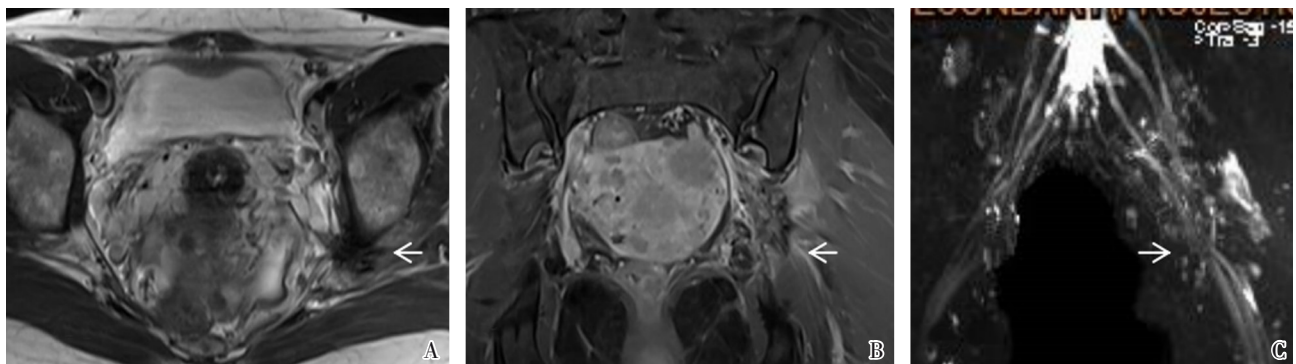
Fig. 1 3D-STIR-SPACE sequence images of patients with pelvic endometriosis of patient 1



Patient 2, female, 39 years old. A: Axial T2WI with fat suppress. Endometriosis was found in the right part of pelvis (white arrow). B: 3D-STIR-SPACE MIP image. The lesion of endometriosis involved the right nervous fibers of the sacral plexus (white arrow). C: 3D-VIBE. The nervous fibers of the sacral plexus was involved and distorted by the endometriosis lesion (white arrow).

图2 患者2盆腔子宫内膜异位症患者3D-STIR-SPACE序列图像

Fig. 2 3D-STIR-SPACE sequence images of patients with pelvic endometriosis of patient 2



Patient 3, female, 40 years old. A: Axial T2WI. Endometriosis was found in the left part of pelvis and involved the left piriform aperture (white arrow). B: 2D-STIR-T2WI. The lesion of endometriosis involved the left piriform aperture and adhesion to the left sciatic nerve (white arrow). C: 3D-STIR-SPACE MIP image. The fibers of the left sciatic nerve was found disordered and showed mixed signal (white arrow).

图3 患者3盆腔子宫内膜异位症患者3D-STIR-SPACE序列图像

Fig. 3 3D-STIR-SPACE sequence images of patients with pelvic endometriosis of patient 3

病例组中,3D-STIR-SPACE序列可以更好地发现子宫内位症病灶与骶丛神经纤维之间的推移、粘连等情况^[5]。因为子宫内位灶往往在增强后无明显强化,3D-STIR-SPACE序列上与神经纤维之间信号对比较强,较易发现二者间的关系。而在3D-VIBE序列中,异位灶与神经纤维均为等信号,较难显示二者间的关系。但本组数据中2位阅片者分别应用2个序列进行诊断的信心并无显著差异性。

研究者们推测子宫内位灶压迫和浸润邻近神经是导致子宫内位症疼痛的原因之一^[8,18]。疼痛的程度与异位灶的深度有关,尤其是神经纤维分布密集的区域,如子宫骶区。异位灶或邻近组织释放生化物质也可能是原因之一。外科手术切断盆腔神经通路,如骶前神经切除术可以长期缓解盆腔痛^[19]。术前MRI显示盆腔神经与异位灶之间的关系可以帮助选择手术方案。子宫内位症反复出血,致周围组织炎性反应及纤维增生包裹,具有复杂且特殊的MRI信号,但主要为血液产物变化引起。典型的表现为T1WI可见代表出血的高信号,T2WI上也可以见到出血所致的高信号,也可见到由于血红蛋白和其他蛋白或铁元素沉积导致的低信号。所以脂肪抑制序列的T1WI是诊断子宫内位症的重要序列。由于异位症和增生的纤维组织可不强化或只轻度强化,所以增强扫描并不是诊断子宫内位症的最佳选择。对比增

强3D-STIR-SPACE序列在盆腔平扫识别了子宫内位症的基础上,将异位灶与神经纤维的信号对比最大化,应该作为优选序列。本研究显示大多数子宫内位症患者可在MRI神经成像序列上发现骶丛神经异常。在没有骶丛神经异常的9个患者中,可见到异位灶与邻近神经纤维之间的微小空隙。有文献报道,在有子宫内位症疼痛的患者中比没有疼痛的患者中,可见到更多的神经丛与异位灶关系密切^[7]。子宫内位症患者少有明确的腹痛定位,本研究组中发现14/21骶丛神经异常发生于一侧,尚不能解释其具体原因,可能由于本研究也只关注了L5~S2神经。另一可能原因是MRI尚不能清晰显示和识别微小的异位灶。

本研究的局限性包括以下几点。第一,虽然所有30例子宫内位症患者都接受了腹腔镜检查并获得病理诊断,但腹腔镜不能探查L5~S2所有神经纤维是否侵犯粘连。第二,还不能证实外科手术后疼痛是否缓解,或者疼痛有无复发。如果对照组除了健康者外,还能纳入有异位症而无腹痛的患者,其研究价值将会大大提高。也可对比子宫内位症腹痛患者与其他原因导致的慢性腹痛患者的骶丛神经改变。

总之,对比增强3D-STIR-SPACE和3D-VIBE序列都能很好的显示骶丛神经纤维,但3D-STIR-SPACE在显示子宫内位症的骶丛神经压迫及粘连方面具有优势。

参考文献

- [1] Yang D, Shen J, Xia X, et al. Preoperative evaluation of neurovascular relationship in trigeminal neuralgia by three-dimensional fast low angle shot (3D-FLASH) and three-dimensional constructive interference in steady-state (3D-CISS) MRI sequence [J]. Br J Radiol, 2018, 91(1085): 20170557.
- [2] Li P, Liu P, Chen C, et al. The 3D reconstructions of female pelvic autonomic nerves and their related organs based on MRI: a first step towards neuronavigation during nerve-sparing radical hysterectomy [J]. Eur Radiol, 2018, 28(11): 4561-4569.
- [3] Chen W, Tsai Y, Weng H, et al. Value of enhancement technique in 3D-T2-STIR images of the brachial plexus [J]. J Comput Assist Tomogr, 2014, 38(3): 335-339.
- [4] Upadhyaya V, Upadhyaya D, Bansal R, et al. MR neurography in Parsonage-Turner syndrome [J]. Indian J Radiol Imaging, 2019, 29(3): 264-270.
- [5] Zhang X, Li M, Guan J, et al. Evaluation of the sacral nerve plexus in pelvic endometriosis by three-dimensional MR neurography [J]. J Magn Reson Imaging, 2017, 45(4): 1225-1231.
- [6] Busard M, Mijatovic V, van Kuijk C, et al. Magnetic resonance imaging in the evaluation of (deep infiltrating) endometriosis: the value of diffusion-weighted imaging [J]. J Magn Reson Imaging, 2010, 32

- (4): 1003-1009.
- [7] Mills M, Putbresi B, Allen H, et al. Lymphangiomas: a rare entity presenting with involvement of the sacral plexus [J]. *Skeletal Radiol*, 2018, 47 (9): 1293-1297.
- [8] Possover M, Schneider T, Henle K. Laparoscopic therapy for endometriosis and vascular entrapment of sacral plexus [J]. *Fertil Steril*, 2011, 95 (2): 756-758.
- [9] Ceccaroni M, Clarizia R, Roviglione G. Nerve-sparing surgery for deep infiltrating endometriosis: laparoscopic eradication of deep infiltrating endometriosis with rectal and parametrial resection according to the negrar method [J]. *J Minim Invasive Gynecol*, 2020, 27(2): 263-264.
- [10] Baumer P, Kele H, Kretschmer T, et al. Thoracic outlet syndrome in 3T MR neurography-fibrous bands causing discernible lesions of the lower brachial plexus [J]. *Eur Radiol*, 2014, 24(3): 756-761.
- [11] Chhabra A, Williams E, Wang K, et al. MR neurography of neuromas related to nerve injury and entrapment with surgical correlation [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2010, 31(8): 1363-1368.
- [12] Tagliafico A, Succio G, Neumaier C, et al. Brachial plexus assessment with three-dimensional isotropic resolution fast spin echo MRI: comparison with conventional MRI at 3.0 T [J]. *Br J Radiol*, 2012, 85 (1014): e110-e116.
- [13] Thawait SK, Wang K, Subhawong TK, et al. Peripheral nerve surgery: the role of high-resolution MR neurography [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2012, 33 (2): 203-210.
- [14] 吴磊, 查云飞, 陈文, 等. MRI对臂丛神经损伤诊断的应用进展 [J]. *影像诊断与介入放射学*, 2014, 23(1): 81-83.
- Wu L, Cha YF, Chen W, et al. Application progress of MRI in the diagnosis of brachial plexus injury [J]. *Diagn Imag & Intervent Radiol*, 2014, 23 (1): 81-83.
- [15] Tsiapa I, Tsilimbaris MK, Papadaki E, et al. High resolution MR eye protocol optimization: Comparison between 3D-CISS, 3D-PSIF and 3D-VIBE sequences [J]. *Phys Med*, 2015, 31(7): 774-780.
- [16] Eamon K, Edward W, Phil W, et al. VIBE MRI: an alternative to CT in the imaging of sports-related osseous pathology? [J]. *Br J Radiol*, 2018, 91(1088): 20170815.
- [17] Manganaro L, Porpora MG, Vinci V, et al. Diffusion tensor imaging and tractography to evaluate sacral nerve root abnormalities in endometriosis-related pain: a pilot study [J]. *Eur Radiol*, 2014, 24(1): 95-101.
- [18] Chapron C, Fauconnier A, Dubuisson J, et al. Deep infiltrating endometriosis: relation between severity of dysmenorrhoea and extent of disease [J]. *Hum Reprod*, 2003, 18(4): 760-766.
- [19] Check JH. Chronic pelvic pain syndromes--traditional and novel therapies: part I surgical therapy [J]. *Clin Exp Obstet Gynecol*, 2011, 38(1): 10-13.

(编辑 余菁)