

• 乳腺影像学 •

比较 3.0T 磁共振 FSE-IR、FSE-XL 和 3D-FSPGR 扫描序列在乳腺成像中的应用价值

赵红兰，徐凯，刘颖，汪秀玲，路欣，席建宁

【摘要】 目的：探讨不同序列在乳腺 MR 成像中的应用价值。方法：对 10 名健康志愿者和 42 名乳腺疾病患者分别采用 FSE-IR、FSE-XL T₁WI、FSE-XL T₂WI 和 3D-FSPGR 序列进行乳腺 MR 成像，从图像信噪比、对比噪声比、病灶显示数目等方面对其应用价值进行评价。结果：抑脂条件下，FSE-IR 和 FSE-XL T₂WI 图像信噪比和对比噪声比明显高于 FSE-XL T₁WI，差别均有显著性意义 ($P < 0.05$)；FSE-IR 序列图像对比噪声比高于 FSE-XL T₂WI，差别有显著性意义 ($P < 0.01$)，两者之间的信噪比差别无显著性意义 ($P > 0.05$)。42 例患者采用上述序列联合检出 45 处病变，其中恶性 3 例，共 5 处病变；良性 34 例，共 40 处病变。不同序列对病变的检出率分别为 FSE-IR 93.33% (42/45)、FSE-XL T₂WI 93.33% (42/45)、FSE-XL T₁WI 42.22% (19/45)、3D-FSPGR T₁WI 动态增强为 82.22% (37/45)。结论：3.0T MR 乳腺成像，联合使用 FSE-IR、非抑脂 FSE-XL T₁WI 序列横轴面、抑脂 FSE-XL T₂WI 矢状面平扫和 3D-FSPGR 动态增强，可在较短的扫描时间内获得优质的扫描图像，提高对病变的检出率。

【关键词】 磁共振成像；乳腺疾病；序列

【中图分类号】 R655；R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2009)06-0629-04

Comparison of the Applied Value of the Sequences in Breast Magnetic Resonance Imaging at 3.0T System ZHAO Hong-lan, LIU Ying, WANG Xiu-ling, et al. Department of Radiology, Affiliated Hospital of Xuzhou Medical College, Jiangsu 221002, P. R. China

【Abstract】 Objective: To assess the value of different sequences in breast magnetic resonance imaging. Methods: Ten healthy volunteers were examined with FSE-IR, fat suppressed FSE-XL T₂WI, and FSE-XL T₁WI with or without fat suppression respectively in axial view, and the SNR and CNR of the images acquired by different sequences were compared. Forty-two patients received FSE-IR and non fat suppressed FSE-XL T₁WI in axial view, FSE-XL T₂WI with fat suppression in sagittal view and 3D-FSPGR for dynamic contrast-enhancement in axial view. Then the applied value of above sequences was evaluated by the number of detected lesions. Results: Compared by SNR and CNR among the three fat suppressed sequences, both FSE-IR and FSE-XL T₂WI offered higher SNR and CNR than FSE-XL T₁WI, and the results showed statistically significant difference ($P < 0.05$). The CNR of FSE-IR was higher than that of FSE-XL T₂WI, and there was statistically significant difference ($P < 0.01$), but there was no significant difference between their SNR ($P > 0.05$). There were 3 cases having 5 malignant breast lesions and 34 cases having 40 benign lesions, and the remaining 5 cases showed no abnormality. The detection rate of the different sequences for breast lesions was 93.33% (42/45) by FSE-IR and FSE-XL T₂WI, 42.22% (19/45) by FSE-XL T₁WI, and 82.22% (37/45) by 3D-FSPGR respectively. Conclusion: Combination of FSE-IR, non fat suppressed FSE-XL T₁WI in axial view, fat suppressed FSE-XL T₂WI in sagittal view and contrast-enhanced dynamic 3D-FSPGR in axial view at 3.0T for breast MRI can obtain excellent imaging quality in short scanning time and improve diagnostic accurate rate.

【Key words】 Magnetic resonance imaging；Breast diseases；Sequence

随着高场强磁共振设备的出现和多通道乳腺专用线圈的使用，乳腺 MR 成像已逐渐成为诊断乳腺疾病的重要手段^[1]。本文就 3.0T MR 乳腺成像中所采用的扫描序列进行比较，评价它们的应用价值。

材料与方法

1. 一般资料

2006 年 10 月～2008 年 2 月共 42 名经临床体检、B 超或钼靶检查拟诊为乳腺疾病的女性患者和 10 名健康志愿者纳入本研究。患者年龄 15～72 岁，平均年龄 46.7 岁。志愿者年龄 23～48 岁，平均年龄 39.4 岁。健康志愿者纳入标准为月经正常，无乳腺可触及肿块，无乳癌家族史。所有志愿者和患者行磁共振检查前均向其详细解释有关事项，并征得本人的同意和配合。

2. 仪器设备

作者单位：221002 江苏，徐州医学院附属医院影像科
作者简介：赵红兰(1971—)，女，江苏徐州沛县人，主管技师，主要从事医学影像技术工作。
通讯作者：徐凯，E-mail：xukaixz@163.com

采用 GE Signa Excite HD 3.0T MR 系统和 8 通道乳腺线圈,ADW4.2 图像后处理工作站。对比剂采用先灵医药公司生产的钆喷酸葡胺(Gd-DTPA)。

3. 检查方法

被检者取俯卧位足先进,双乳自然悬垂入线圈的孔洞内。10名健康志愿者均采用 FSE-IR、抑脂和非抑脂 FSE-XL T₁ WI、抑脂 FSE-XL T₂ WI 序列进行横轴面平扫;42名患者采用 FSE-IR 和非抑脂 FSE-XL T₁ WI 横轴面、抑脂 FSE-XL T₂ WI 矢状面平扫和 3D-FSPGR 横轴面动态增强。动态增强采用 3D-FSPGR T₁ WI 序列对双侧乳腺进行横轴面一次成像。检查前于前臂静脉留置 22 号塑料套管针,对比剂采用 Gd-DTPA,剂量 0.2 mmol/kg、注射流率 0.2 ml/s。设置 12 个 FSPGR 增强时相,每个时相扫描 41 s,采集图像 96 幅。扫描前手动寻找中心频率,注射对比剂前先扫描 Asset 校准和 mask 蒙片,然后患者保持原体位不变,注射对比剂的同时开始扫描,连续扫描 12 个时相,扫描时间 8 min 16 s。所有序列图像均传至 ADW 4.2 工作站,根据需要绘制时间-信号强度曲线或进行减影、最大强度投影(MIP)及容积再现(VR)重建。具体扫描参数见表 1。

表 1 乳腺 MR 成像技术参数

成像平面	横轴面				矢状面 FSE-XL T ₂ WI
	FSE-IR	FSE-XL T ₁ WI	FSE-XL T ₂ WI	3D-FSPGR T ₁ WI	
反转时间(ms)	190		12		
重复时间(ms)	6000	500	4000	3.7	4000
回波时间(ms)	45	12	87.4	1	87.4
层厚(mm)	5	5	5	2.8	4
层间隔(mm)	1	1	1	-1.4	1
扫描层数	18	18	18	96×12	17×2
扫描野(cm)	30×30	30×30	30×30	30×30	20×20
采集矩阵(mm)	384×256	384×256	384×256	512×384	320×256
扫描时间(min:s)	3:42	4:25/2:56	2:36	8:16	2:16×2
脂肪抑制	Yes	Yes/No	Yes	Yes	Yes

4. 图像质量评价

在 ADW 4.2 工作站测量并记录健康志愿者组各序列图像腺体组织、脂肪组织和背景的平均信号强度及标准差。测量时在每种序列图像上选择中间的 4 幅腺体和脂肪组织最大层面分别画圆或椭圆形感兴趣区(region of interest, ROI)。ROI 的位置和面积选择采用 COPY 功能软件,每幅图像左右乳腺各测量腺体和脂肪组织信号强度一次,最后各取其平均值。在相同层面乳腺前方的背景区域采用相同方法、选择相同大小的 ROI,测量噪声的信号强度及标准差。计算不同

组织的信噪比(signal to noise ratio, SNR 或 S/N)和对比噪声比(contrast to noise ratio, CNR 或 C/N),所得结果以平均值±标准差(±s)表示。

$$\text{SNR} = \frac{\text{腺体平均信号强度}}{\text{背景标准差}}$$

$$\text{CNR} = \frac{|\text{腺体平均信号强度} - \text{脂肪平均信号强度}|^{[2-6]}}{\text{背景标准差}}$$

由两位 MRI 诊断医师对 42 名患者的 MR 图像作出诊断,根据诊断结果对检出病灶按性质和大小分为结节性(主要指实性结节)和非结节性(乳腺囊肿列入非结节性病变)两种类型,统计不同序列对病变的检出数目。

5. 统计学方法

采用 SPSS13.0 统计软件包进行统计学分析,不同序列图像的 SNR 和 CNR 采用单因素方差分析;各序列对病灶的检出数目采用卡方检验。以上方法均将 P<0.05 作为差异有显著性意义。

结 果

1. 不同序列的 SNR 和 CNR 比较

脂肪抑制条件下,FSE-IR 和 FSE-XL T₂ WI 序列图像的 SNR 和 CNR 均高于 FSE-XL T₁ WI,差别有显著性意义(P<0.05);FSE-IR 图像的 CNR 高于 FSE-XL T₂ WI,差别有显著性意义(P<0.01),二者之间的 SNR 差异无显著性意义(P>0.05)(表 2、3)。

表 2 3 种脂肪抑制序列的 SNR 比较

序列	编号	SNR	比较	95%可信区间	P 值
FSE-IR	1	126.311±25.902	1-2	4.630~28.875	0.152
FSE-XL T ₂ WI	2	114.188±24.921	1-3	15.711~49.216	0.000*
FSE-XL T ₁ WI	3	93.848±19.192	2-3	3.588~37.093	0.018*

表 3 3 种脂肪抑制序列的 CNR 比较

序列	编号	CNR	比较	95%可信区间	P 值
FSE-IR	1	57.898±12.069	1-2	8.578~23.373	0.000*
FSE-XL T ₂ WI	2	41.923±11.315	1-3	16.538~31.333	0.000*
FSE-XL T ₁ WI	3	33.963±7.076	2-3	0.563~15.358	0.036*

2. 不同序列对乳腺病变的显示

42 例患者共检出 45 处病变,其中恶性 3 例,共 5 处病变;良性 34 例,共 40 处病变,其余 5 例 MR 检查未示异常(图 1~5)。40 处良性病变包括 3 例单纯性导管扩张、2 例乳腺囊性增生、2 个单发乳腺囊肿、1 例乳腺炎性病变、5 例腺体组织增生和 32 个实性结节,大小从 0.3~3.5 cm 不等(表 4~6)。经 χ^2 检验,各序列对不同类型病变的检出率差异无显著性意义(P>0.05)。

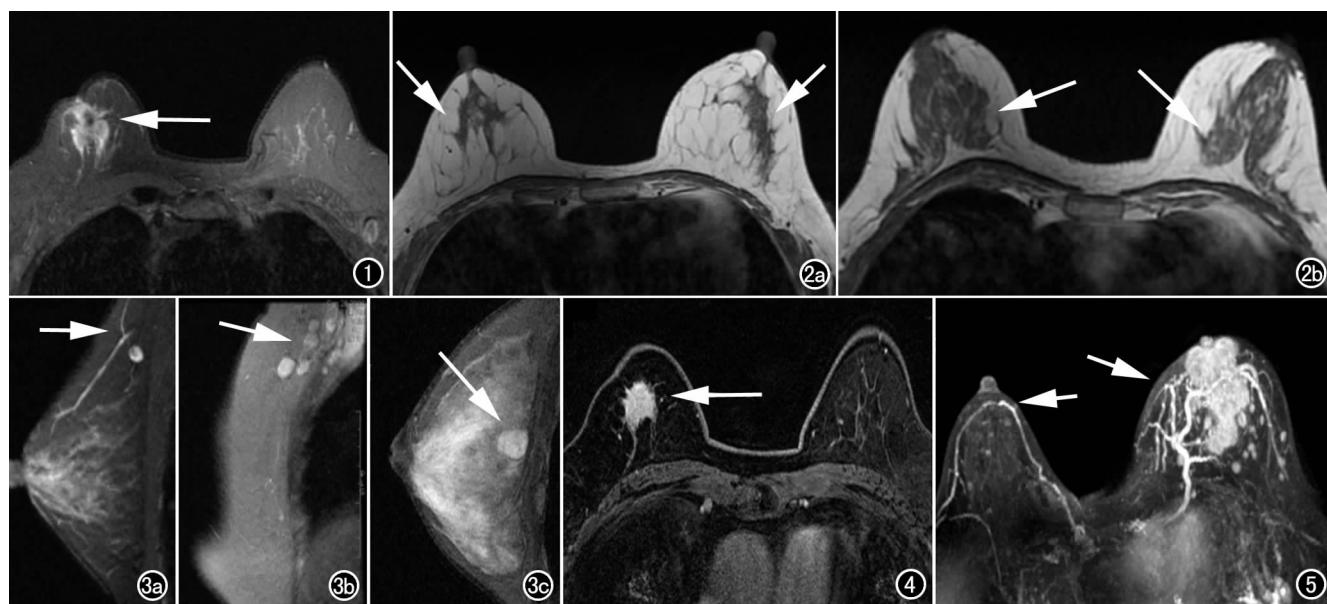


图 1 FSE-IR 序列横轴面图示病变(箭)和正常乳腺组织对比明显。
a) 清楚显示乳房悬韧带(箭); b) 示乳后脂肪间隙(箭)。
c) 示数枚腋窝淋巴结; d) 示乳腺后方近胸壁处高信号类圆形结节影(箭)。

图 2 非脂肪抑制的 FSE- T_1 WI, 脂肪组织呈亮白高信号。
图 3 脂肪抑制 FSE-XL T_2 WI 序列矢状面图。a) 清晰示乳内
血管; b) 示数枚腋窝淋巴结; c) 示乳腺后方近胸壁处高信号类圆形结节影(箭)。
图 4 3D-FSPGR 序列增强图示病灶明显强化, 周围细小毛刺。
图 5 增强后 MIP 图清晰示腺体和病变组织周围供血管(箭)。

表 4 不同序列对 32 个实性结节性病灶的检出结果

序列	<0.5cm	0.5~1.0cm	1.0~2.0cm	≥2.0cm	合计
FSE-IR	3	11	7	8	29
FSE-XL T_1 WI	0	1	4	8	13
FSE-XL T_2 WI	4	10	7	8	29
3D-FSPGR T_1+C	5	11	7	8	31
联合检出	6	11	7	8	32

表 5 不同序列对 13 处非结节性病变的检出结果

序列	乳腺导管扩张	乳腺囊肿	乳腺囊性增生	乳腺炎	乳腺增生	合计
FSE-IR	3	2	2	1	5	13
FSE-XL T_1 WI	0	0	0	1	5	6
FSE-XL T_2 WI	3	2	2	1	5	13
3D-FSPGR T_1+C	0	0	0	1	5	6
联合检出	3	2	2	1	5	13

表 6 不同序列对 45 处病变的检出结果

序列	实性结节	非结节性病变	合计	检出率(%)
FSE-IR	29	13	42	42(93.33)
FSE-XL T_1 WI	13	6	19	19(42.22)
FSE-XL T_2 WI	29	13	42	42(93.33)
3D-FSPGR T_1+C	31	6	37	37(82.22)
联合检出	32	13	45	45(100)

讨 论

1. 扫描序列的选择

通过对图像的数据分析, 可定量的评价图像质量^[2-6]。信噪比(SNR)、对比噪声比(CNR)是影响图像质量的关键因素, 通常 SNR 越高图像质量越

好^[4,7]。因此, 乳腺 MR 成像扫描序列和参数的选择要在保证图像的 SNR 和 CNR 的前提下, 尽量缩短扫描时间, 使患者能够接受。

本研究充分考虑 3.0T MR 的高场强性能, 直接选择快速自旋回波(FSE)和其加强序列(FSE-XL)作为乳腺 MRI 平扫序列, 首先对 10 名健康志愿者采用 FSE-IR、FSE-XL T_1 WI 和 FSE-XL T_2 WI 序列进行横轴面成像, 在扫描层数、层厚、层间隔、FOV 和成像矩阵等均相同的条件下比较它们的 SNR 和 CNR。根据测量结果, 脂肪抑制条件下 FSE-XL T_1 WI 序列的 SNR 和 CNR 均显著低于其它两种序列, 差异均有显著性意义($P<0.05$); FSE-IR 的 CNR 显著高于 FSE-XL T_2 WI($P<0.01$), 说明前者的脂肪抑制效果明显优于后者; 与 FSE-XL T_2 WI 相比 FSE-IR 的 SNR 优势无显著性意义。从扫描时间上比较(表 1), 抑脂 FSE-XL T_1 WI 序列的成像时间最长(4 分 25 秒), 其次为 FSE-IR(3 分 42 秒), 非抑脂 FSE-XL T_1 WI 次之(2 分 56 秒), 抑脂 FSE-XL T_2 WI 最短(2 分 36 秒)。FSE-IR 的 CNR 和 SNR 均较高, 对磁场的不均匀和 FOV 中心偏离的影响较不敏感^[9]。本研究首选该序列对 42 名患者进行横轴面扫描, 不仅提高了对病灶检出的敏感性, 而且为下一步矢状面扫描提供了定位参考; FSE-XL T_2 WI 序列的 SNR 较高, 扫描时间短, 用其进行单侧乳腺矢状面薄层扫描有利于较小病灶的检

出,而且便于观察腋窝淋巴结病变及胸壁浸润情况。矢状面上单侧乳腺的体积、厚度较小,本研究在相应缩小FOV、减小层厚的同时,将扫描层数从18改为17层,使单侧乳腺成像时间缩短为2分16秒。FSE-XL T₁WI序列的成像时间长、图像的CNR和SNR均较低,但其非抑脂序列对皮下和腺体周围脂肪组织、乳房悬韧带、乳腺与胸壁肌肉之间的乳后脂肪间隙显示清晰^[10],采用非抑脂FSE-XL T₁WI序列进行横轴面扫描可以与FSE-IR形成对比,有利于疾病的鉴别诊断。动态增强采用3D-FSPGR序列对双侧乳腺进行横轴面一次成像,通过大矩阵(512×416或512×384)、薄层(2.8 mm)、负层间隔(-1.4 mm)扫描,获得了较高空间分辨力;另一方面使用更短的TR和TE以及小反转角使时间分辨率达41秒。通过12个增强时相的连续动态扫描,既能对增强病灶从边缘、内部结构、浸润范围及其血供情况等进行形态学描述,又能根据时间-信号增强曲线特征、早期增强率、最大增强率等特点进行强化动力学分析,进一步提高了MR对乳腺疾病诊断和鉴别诊断的能力^[8,11,12]。

3. 不同序列对病变的显示

本研究中对2.0 cm以上的结节性病灶各序列均能显示。体积越小,FSE-XL T₁WI序列的检出率越低,24个小于2.0 cm的病灶,该序列上仅显示5个,而FSE-IR和FSE-XL T₂WI序列能够检出所有0.5 cm以上的病灶和多数小于0.5 cm的病灶。3D-FSPGR动态增强序列对实性结节性病灶的检出率最高,32个良恶性结节有31个表现出不同程度的强化。对体积较小的实性结节,既能从病灶的形态结构和血流动力学特点两方面进行分析,又可进行减影及MIP重建,因此提高了该序列对微小病灶检出的敏感性^[8,11,12]。但是个别微小的良性结节,往往出现延迟强化,此时容易与已经强化的正常乳腺实质相重叠而不利于病灶检出^[13,14]。本研究6处小于0.5 cm的病灶中,1处未见明显强化,通过图像减影和重组仍未见显示即属于此种情况。FSE-IR和FSE-XL T₂WI序列对囊性和导管扩张性病变非常敏感,可以检出所有该类病变,而FSE-XL T₁WI序列则因腺体组织、腺导管和肿块多呈低或等信号,组织之间的分辨力较低而不易检出。3D-FSPGR动态增强序列上,脂肪瘤、囊性病变和导管扩张性病变多不强化,需依靠图像后处理或结合平扫序列图像特点给出诊断。

因此,乳腺MR多序列成像有利于疾病的诊断和鉴别诊断,合理的扫描方案可以提高图像质量、节约检查时间。3.0T MR系统联合使用FSE-IR、非抑脂

FSE-XL T₁WI序列横轴面、抑脂FSE-XL T₂WI矢状面平扫和3D-FSPGR T₁WI序列动态增强,可进一步提高对病变的检出率。

参考文献:

- Kuhl CK, Schmutzler RK, Leutner CC, et al. Breast MR Imaging Screening in 192 Women Proven or Suspected to be Carriers of a Breast Cancer Susceptibility gene: Preliminary Results[J]. Radiology, 2000, 215(1): 267-279.
- Campi A, Pontesilli S, Gerevini S, et al. Comparison of MRI Pulse Sequences for Investigation of Lesions of the Cervical Spinal Cord [J]. Neuroradiology, 2000, 42(9): 669-675.
- Naganawa S, Ishiguchi T, Ishigaki T, et al. Real-time Interactive MR Imaging System: Sequence Optimization, and Basic and Clinical Evaluations[J]. Radiation Medicine, 2000, 18(1): 71-79.
- Perrin RL, Ivancevic MK, Kozerke S, et al. Comparative Study of FAST Gradient Echo MRI Sequences: Phantom Study[J]. J Magnetic Resonance Imaging, 2004, 20(6): 1030-1038.
- Luboldt W, Wetter A, Eichler K, et al. Determination of the Optimal MRI Sequence for the Detection of Malignant Lung Nodules [J]. Eur J Med Res, 2006, 11(8): 336-342.
- Rubinstein WS, Latimer JJ, Sumkin JH, et al. Prospective Screening Study of 0.5T Dedicated Magnetic Resonance Imaging for the Detection of Breast Cancer in Young, High-risk Women[J]. BMC Womens Health, 2006, 6(1): 1-10.
- Rausch DR, Hendrick RE. How to Optimize Clinical Breast MR Imaging Practices and Techniques on Your 1.5T System[J]. Radiographics, 2006, 26(5): 1469-1484.
- Kuhl CK, Jost P, Morakkabati N, et al. Contrast-enhanced MR Imaging of the Breast at 3.0 and 1.5T in the Same Patients: Initial Experience[J]. Radiology, 2006, 239(3): 666-676.
- Morrell GR. Rapid Fat Suppression in MRI of the Breast with Short Binomial Pulses[J]. J Magnetic Imaging, 2006, 24(5): 1172-1176.
- Jennifer AH, Hendrick RE, Jennifer M, et al. Breast MR Imaging Artifacts: How to Recognize and Fix Them[J]. Radiographics, 2007, 27(1): S131-S145.
- Masanori H, Noriko O, Daisuke H, et al. Multi-volume Fusion Imaging of MR Ductography and MR Mammography for Patients with Nipple Discharge[J]. Magn Reson Med Sci, 2006, 5(2): 105-112.
- Warren RML, Crawley A. Is Breast MRI Ever Useful in a Mammographic Screening Programme[J]. Clinical Radiology, 2002, 57(12): 1090-1097.
- Kuhl CK, Schild HH, Morakkabati N. Dynamic Bilateral Contrast-enhanced MR Imaging of the Breast: Trade-off between Spatial and Temporal Resolution[J]. Radiology, 2005, 236(3): 789-800.
- Leong CS, Daniel BL, Herfkens RJ, et al. Characterization of Breast Lesion Morphology with Delayed 3D SSMT: an Adjunct to Dynamic Breast MRI[J]. J Magn Reson Imaging, 2000, 11(2): 87-96.

(收稿日期:2008-10-09 修回日期:2008-11-26)