

探讨分段读出 DWI 在显示乳腺癌病灶中的优势

邓和平, 陈晓煜, 任静, 刘磊, 后军民, 龚辉, 王丹, 王闽

【摘要】 目的:探讨分段读出平面回波扩散加权成像(RS-EPI-DWI)相对于单次激发(SS)EPI-DWI 在乳腺癌检查中的价值。**方法:**回顾性分析 47 例经病理证实的乳腺癌患者的治疗前 DWI 资料, 全部病例使用 Siemens Skyra 3.0T 磁共振扫描仪, 分别采用 SS-EPI-DWI 及 RS-EPI-DWI 序列进行扫描, 在 b 值为 800 s/mm^2 的 DWI 图像上测量乳腺肿瘤和正常区域的信号值及噪声值, 计算肿瘤区域的信噪比(SNR)、对比噪声比(CNR), 在表观扩散系数(ADC)图上测量乳腺肿瘤的 ADC 值, 比较两组间 ADC 值的差异, 比较两组在淋巴结显示程度上的差异。**结果:**乳腺肿瘤在 RS-EPI-DWI 图像上的 SNR 及 CNR 值较 SS-EPI-DWI 图像上高, 差异均有统计学意义($t=29.88, P<0.01; t=31.65, P<0.01$); 两个序列的 ADC 图上乳腺肿瘤的 ADC 测量值的差异无统计学意义($t=-1.568, P=0.124>0.05$); RS-EPI-DWI 较 SS-EPI-DWI 图像在腋窝小淋巴结的显示上更具优势。**结论:**分段读出 DWI 较传统 DWI 的图像质量更佳, 对于腋窝小淋巴结的显示更具优势, 其临床应用价值相对更高。

【关键词】 乳腺癌; 扩散加权成像; 分段读出序列; 平面回波成像; 单次激发

【中图分类号】 R445.2; R739.37 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2019)08-0892-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2019.08.012

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



The value of readout-segmented echo-planar imaging diffusion-weighted imaging in breast cancer DENG He-ping, CHENG Xiao-yi, REN Jing, et al. Department of Imaging Diagnosis, Sichuan Cancer Hospital, Sichuan 610000, China

【Abstract】 Objective: To explore the value of readout-segmented echo-planar imaging diffusion-weighted imaging (RS-EPI-DWI) in breast cancer compared with single-shot (SS)-EPI-DWI. **Methods:** The DWI data of 47 patients with breast carcinoma confirmed by pathology before treatment were analyzed retrospectively. All cases underwent DWI examination using both SS-EPI and RS-EPI sequences at a Siemens Skyra 3.0T MR scanner. The signal values of tumor, normal breast tissue and noise on the DWI images with a b value of 800 were measured respectively. The signal to noise ratio (SNR) and contrast noise ratio (CNR) of tumor regions were calculated. The apparent diffusion coefficient (ADC) values of tumors were measured on the ADC map, and the difference of the ADC value between the two groups was compared. The two groups were graded on the axillary lymph node display. **Results:** The SNRs and CNRs of breast carcinomas on RS-EPI-DWI were higher than those on SS-EPI-DWI ($t=29.88, P<0.01; t=31.65, P<0.01$). There was no statistical difference in the ADC values of breast tumors between SS-EPI-DWI and RS-EPI-DWI ($t=-1.568, P=0.124>0.05$). RS-EPI-DWI had more advantages than SS-EPI-DWI in display of small lymph nodes in the axilla. **Conclusion:** RS-EPI-DWI has better image quality than SS-EPI-DWI with more advantages in displaying small axillary lymph nodes, thus might be more valuable in clinical application.

【Key words】 Breast cancer; Diffusion-weighted imaging; Readout-segmented sequence; Echo-planar imaging, single-shot

乳腺癌是我国女性常见肿瘤之一, 早期诊断和早

期治疗对于疾病的预后具有重要作用, 目前常用的影像检查方法主要有钼靶 X 线摄影、彩超和 MRI。MRI 由于具有良好的软组织显示效果, 常作为乳腺癌检查的重要选择, 其中扩散加权成像是目前检测活体组织中水分子扩散运动的最佳检查方法^[1-3]。传统的单次

作者单位: 610000 成都, 四川省肿瘤医院研究所影像诊断部

作者简介: 邓和平(1984-), 男, 四川射洪人, 主管技师, 主要从事磁共振技术工作。

通讯作者: 王闽, E-mail: 409743491@qq.com

激发平面回波扩散加权成像(single-shot echo-planar imaging diffusion-weighted imaging, SS-EPI-DWI)的信号噪声比(signal to noise ratio, SNR)和对比噪声比(contrast to noise ratio, CNR)都不高,伪影较重,磁敏感伪影明显,对于一些细小病灶的显示欠佳^[4]。而分段读出扩散加权成像(readout-segmented, RS)-EPI-DWI 技术由于降低了回波间距,使得图像的信噪比及对比噪声比提高,改善了图像质量^[5]。本研究通过与 SS-EPI-DWI 进行对比分析,旨在探讨 RS-EPI-DWI 技术在乳腺癌 MRI 检查中的临床应用价值。

材料与方法

1. 研究对象

选择 2017 年 5 月—2017 年 8 月经病理确诊为乳腺癌的 47 例患者,均为女性,年龄 27~65 岁,中位年龄 48 岁, MRI 检查前均未接受任何治疗及活检穿刺。所有受检者检查前均告知本次检查实情并签署知情同意书,本研究方案通过我院伦理委员会审核通过(2015029)。

2. MRI 扫描方法

使用 Siemens Skyra 3.0T 磁共振扫描仪和乳腺专用线圈,双侧乳房自然悬垂于线圈内,双侧手臂放置于身体两侧,先行常规乳腺 MRI 扫描,随后行横轴面 SS-EPI-DWI 和 RS-EPI-DWI 检查。RS-EPI-DWI 扫描参数:TR 5600 ms, TE 56 和 88 ms,层厚 5.0 mm,层间距 1.0 mm,视野 350 mm×350 mm,矩阵 192×86,并行采集加速因子 2,回波间距 0.40 ms, b 值分别为 50、400 和 800 s/mm²,采集时间 220 s; SS-EPI-DWI 扫描参数:TR 4700 ms, TE 63 ms,层厚 5.0 mm,层间距 1.0 mm,视野 350 mm×350 mm,矩阵 220×96,并行采集加速因子 2,回波间距 0.94 ms, b 值分别为 50、400 和 800 s/mm²,采集时间 150 s。两个序列的扫描层面保持一致。

3. 图像分析和数据测量

扫描图像使用 Siemens VE40A 工作站进行数据测量和分析。在 2 个序列的 b 值为 800 s/mm² 的 DWI 图像上选择乳腺肿瘤最大径所在层面进行测量,分别在肿瘤、正常乳腺组织和空气区域(作为背景组织)勾画 ROI 并测量其信号强度(signal intensity, SI), ROI 直径小于 0.5 cm,每个部位测量 3 次,取其平均值。以背景组织信号强度的标准差(SD)作为背景噪声,分别计算肿瘤区域的信噪比(SNR = SI_{病灶}/SD_{背景})和对比噪声比[CNR = (SI_{病灶} - SI_{组织})/SD_{背景}]。

分别在两组中 ADC 图上相同的解剖区域测量肿瘤实性区域的 ADC 值, ROI 直径小于 1 cm,避开肿瘤液化坏死区域。

腋窝淋巴结显示评级:47 例中有 21 例在横轴面压脂 T₂WI 上可见腋窝处单一或多发大小不一的淋巴结,以此序列图像作为参照,由两位中级以上技师采用双盲法分别对 b 值为 800 s/mm² 的 SS-EPI-DWI 及 RS-EPI-DWI 上相应层面的腋窝淋巴结显示情况进行分级:能清楚显示且与压脂 T₂WI 上无明显差异为 1 级;显示淋巴结个数无误,但形态不同为 2 级;能够显示淋巴结但无法分清个数为 3 级;淋巴结显示差或伪影重而无法显示者为 4 级。

5. 统计学方法

采用 SPSS 19.0 软件进行统计学分析。采用成组 *t* 检验对两组的 SNR、CNR 及 ADC 值的测量结果进行分析,采用 Kappa 值对两位技师对两组图像淋巴结显示能力主观评分进行一致性分析。以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。Kappa 值为 0.81~1.00 为一致性极好,0.61~0.80 为一致性良好,0.41~0.60 为一致性中等,0.21~0.41 为一致性较差, < 0.20 为一致性差。

结 果

1. 两组间 SNR 和 CNR 的比较

两个序列 b 值为 800 s/mm² 的图像上肿瘤区域的 SNR 和 CNR 测量结果及比较见表 1。RS-EPI-DWI 上肿瘤的 SNR 及 CNR 明显高于 SS-EPI-DWI,差异均具有统计学意义($P < 0.01$)。表明在相同 b 值条件下,RS-EPI-DWI 图像质量更优(图 1~3)。

2. 显示腋窝淋巴结评级的比较

两位技师对两个序列 DWI 上 21 例患者的腋窝淋巴结显示情况的评级及一致性分析结果见表 2。统计分析结果显示两位技师评级的一致性极好。RS-EPI-DWI 图像上评级为 1~2 级者占 95.2% 以上,而 SS-EPI-DWI 图像上 1~2 级者仅占 76.2%,表明 RS-EPI-DWI 图像显示腋窝淋巴结更具有优势。与对比增强压脂 T₁WI 比较,RS-EPI-DWI 在显示淋巴结的数目、形态和边界上更优(图 1);而 SS-EPI-DWI 只能显示部分淋巴结,无法准确显示淋巴结的数目,且图像上淋巴结的边界较模糊(图 2)。

3. ADC 值的比较

在 RS-EPI-DWI 及 SS-EPI-DWI 获得的 ADC 图上,测量的肿瘤 ADC 值分别为 $(0.820 \pm 0.086) \times 10^{-3}$ 和 $(0.856 \pm 0.132) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$,差异无统计学意义($t = -1.568, P = 0.124 > 0.05$)。

表 1 两个序列的 SNR 及 CNR 的比较

指标	RS-EPI-DWI	SS-EPI-DWI	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
SNR	29.56 ± 5.29	6.76 ± 1.11	29.88	< 0.01
CNR	23.79 ± 4.24	4.18 ± 0.58	31.65	< 0.01

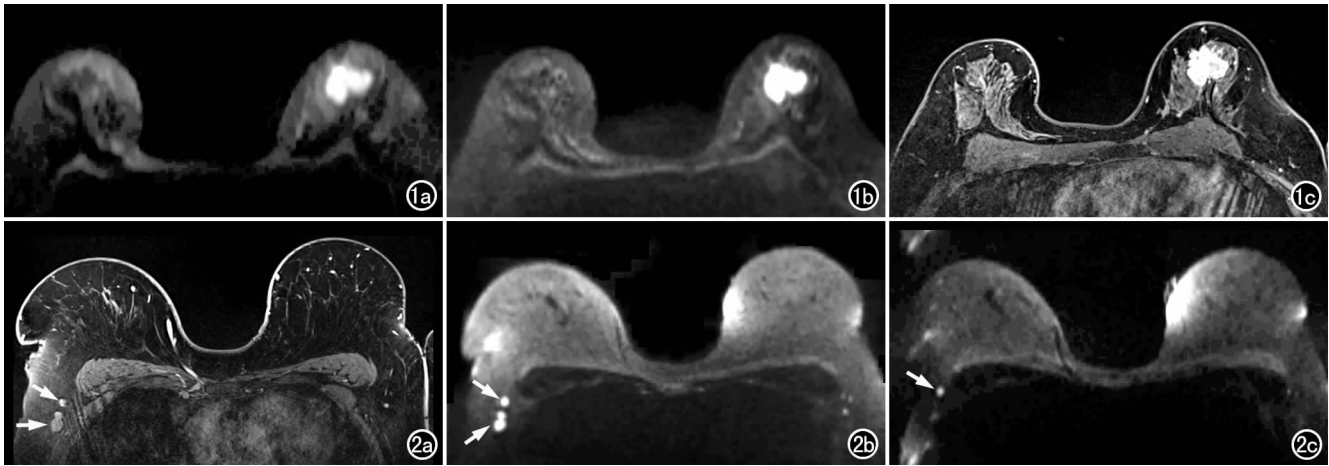


图 1 左侧乳腺浸润性癌。SS-EPI-DWI 的图像质量明显优于 SS-EPI-DWI,对肿瘤的显示效果更接近对比增强压脂 T₁ WI。a)SS-EPI-DWI(b=800s/mm²); b) RS-EPI-DWI(b=800s/mm²);c)对比增强压脂 T₁ WI。
图 2 乳腺浸润性癌伴右侧腋窝淋巴结转移。a)对比增强压脂 T₁ WI,显示右侧腋窝区有多个强化的淋巴结(箭);RS-EPI-DWI(b=800s/mm²),显示右侧腋窝内有多淋巴结呈高信号(箭),提示其内水分子扩散受限; c)SS-EPI-DWI(b=800s/mm²),仅显示右侧腋窝内有一个扩散受限的淋巴结(箭),且图像质量明显不如图 b。

表 2 2 个序列图像上腋窝淋巴结显示情况的评级和一致性分析

序列	技师 1				技师 2				Kappa 值	P 值
	1 级	2 级	3 级	4 级	1 级	2 级	3 级	4 级		
RS-EPI-DWI	15	4	2	0	15	5	1	0	0.892	<0.01
SS-EPI-DWI	10	6	5	0	9	7	5	0	0.852	<0.01

讨 论

传统的 SS-EPI-DWI 序列的空间分辨率较低,在乳腺 MRI 扫描时由于局部磁场 B₀ 不均匀及乳腺与周围空气的交界面质子失相位明显,导致图像变形及磁敏感伪影明显^[6],因此难以准确显示肿瘤的大小、形态、与周围组织的界限以及淋巴结转移等;而且,图像的 SNR 和 CNR 均不高,影响对细小病灶的显示,对于 ADC 值的测量准确性也有一定影响^[7]。本研究中 21 例合并淋巴结转移的患者中,两位技师对 SS-EPI-DWI 显示腋窝淋巴结的评级中,均有 5 例的评级低于 2 级,显示效果欠佳的例数明显多于 RS-EPI-DWI(技师 1 评价低于 2 级的为 2 例,技师 2 评级低于 2 级的 1 例;见表 2);对 RS-EPI-DWI 的评级中 1 级的病例数(技师 1 及技师 2 均为 15 例)明显多于 SS-EPI-DWI(技师 1 为 10 例,技师 2 为 9 例;见表 2)。可见 RS-EPI-DWI 对腋窝淋巴结转移的显示能力明显优于 SS-EPI-DWI,后者无法清楚显示淋巴结的形态及边界(图 2c),且对转移淋巴结的检出率也较低。因此,对于淋巴结是否受侵 SS-EPI-DWI 无法提供有效的影像学信息。

分段读出 DWI 是一种新的扩散成像方法,采用在读出方向进行分段 EPI 扫描的间隔扫描方式,使得每

段的采集时间及回波间隔明显缩短,可减少磁敏感伪影,改善图像变形的问题,使解剖结构显示更加清晰,在腋窝淋巴结的显示上效果更佳^[8]。如图 5,本组结果显示,RS-EPI-DWI 对淋巴结的形态及边界显示清晰,检出的转移淋巴结的数量与增强后压脂 T₁ WI 一致(图 4),因此对于淋巴结的评估更具价值。而且,由于 RS-EPI-DWI 技术中回波间采集时间的缩短,使得 T₂ 权重减轻, T₂* 穿透效应减轻^[9];采用了并行采集技术,使读出时间进一步缩短,从而进一步提高了图像质量^[10]。本研究中将 RS-EPI-DWI 应用于乳腺疾病的检查中,与传统的 SS-EPI-DWI 序列比较,图像的 SNR 和 CNR 明显提高(表 1),能清晰显示的病变结构、形态,对病变大小的测量更加准确;乳腺内侧皮下脂肪因局部磁化率差异较大,压脂效果较差,而 RS-EPI-DWI 可以明显减轻磁化率伪影,提高压脂效果(图 2b~c)。RS-EPI-DWI 序列由于读出方向分段数的增加,导致扫描时间延长,尤其在 b 值增加的情况下更明显,扫描时间的增加将使得因患者自主或不自主运动而产生的伪影更明显,但由于 RS-EPI-DWI 序列的磁敏感效应及 T₂* 穿透效应明显降低,减少了单次采样时间,一定程度上弥补了上述原因导致的扫描时间的延长,而且将 RS-EPI-DWI 序列与并行采集技术和 2D 导航技术(本研究中 RS-EPI-DWI 扫描中采用

双 TE, TE1 为采样回波时间, TE2 为 2D 导航回波时间)相结合,对于克服运动伪影及提高图像质量都有积极意义^[11]。

目前对于分段读出 DWI 的研究较多,临床实践中在 3.0T 磁共振仪上此技术已经大量运用于头颅、颈部和盆腔等器官的检查中,在乳腺癌方面的应用也可见文献报道^[12],相关研究结果均显示此序列的成像质量明显优于传统 DWI。本研究首次对比分析了 SS-EPI-DWI 和 RS-EPI-DWI 序列对腋窝淋巴结的显示能力,结果表明 RS-EPI-DWI 序列对显示腋窝淋巴结具有明显的优势。本研究的局限性:本研究中关于腋窝淋巴结显示情况的纳入病例数较少,有待在后续的研究中增加样本量,进行更深入地探讨。

综上所述,在乳腺癌的 MRI 检查中,分段读出 DWI 的图像质量明显优于单次激发 EPI-DWI,可为乳腺癌诊断提供更多和更准确的信息,有利于提高对乳腺癌的术前诊断准确性。

参考文献:

- [1] Nilsen LB, Fangberget A, Geier O, et al. Quantitative analysis of diffusion-weighted magnetic resonance imaging in malignant breast lesions using different b value combinations[J]. Eur Radiol, 2013, 23(4):1027-1033.
- [2] 薛彩霞, 邱传亚, 张勇, 等. DWI 和 Vibrant 动态增强 MR 成像在乳腺癌中的诊断价值[J]. 放射学实践, 2014, 29(1):61-63.
- [3] 杨培, 常晓丹, 付姣慧, 等. DCE-MRI 参考区域模型联合 DWI 对

luminal 型乳腺癌的应用研究[J]. 放射学实践, 2018, 33(7):688-693.

- [4] Thoeny HC, de Keyser F, King AD. Diffusion-weighted MR imaging in the head and neck[J]. Radiology, 2012, 263(1):19-32.
- [5] 许春苗, 袁军辉, 陈学军, 等. 比较 3.0T MRI 读出方向上的分段扩散成像技术与平面回波扩散加权成像技术对于鼻咽癌的诊断价值[J]. 中华放射学杂志, 2016, 50(8):586-589.
- [6] 韩鸿宾, 谢敬霞. MR 平面回波快速成像技术应用研究[J]. 中国医学影像技术, 2000, 16(5):410-413.
- [7] Holdsworth SJ, Skare S, Rexford D, et al. Robust GRAPPA accelerated diffusion-weighted readout-segmented (RS)-EPI[J]. Magn Reson Med, 2009, 62(6):1629-1640.
- [8] Robson MD, Anderson AW, Gore JC. Diffusion-weighted multiple shot echo planar imaging of humans without navigation[J]. Magn Reson Med, 1997, 38(1):82-88.
- [9] 白岩, 姜兴岳, 张洁, 等. 3.0T RESOLVE-DWI 与 SS-EPI DWI 在大鼠颅脑成像中的对比分析[J]. 中国医学影像技术, 2016, 32(9):1325-1329.
- [10] Reishofer G, Koschutnig K, Langkammer C, et al. Time-optimized high-resolution readout-segmented diffusion tensor imaging[J]. Plos One, 2013, 8(9):e74156.
- [11] 郝艳, 刘慧. RS-EPI 与 SS-EPI 在头及膝关节 3T 弥散成像中的对照研究[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2016, 22(1):49-54.
- [12] Bogner W, Pinker K, Olgica Z, et al. Bilateral diffusion-weighted MR imaging of breast tumors with sub-millimeter resolution using readout-segmented echo-planar imaging at 7T[J]. Radiology, 2015, 274(1):74-84.

(收稿日期:2018-11-20 修回日期:2019-04-25)