

SCIC 技术对 LAVA 多期动态 MRI 定量分析的影响

叶枫, 宋颖, 余小多, 张红梅, 欧阳汉

【摘要】 目的:探讨表面线圈信号校准技术(SCIC)对 LAVA 多期动态增强 MRI 定量分析的影响。方法:采用不同浓度的钆溶液作为实验模型模拟多期动态 MRI 的定量分析的 T_1 mapping 过程,以单层反转恢复快速自旋回波序列(IR-FSE)作为金标准测量不同浓度钆溶液的 T_1 值,同时分别以使用及不使用 SCIC 技术的可变翻转角 LAVA 测量其 T_1 值,并与金标准测的 T_1 值比较。结果:去除 SCIC 技术时,可变翻转角 LAVA 与 IR-FSE 测量 T_1 值的相关系数为 0.964($P < 0.001$),且随钆溶液浓度增高,测得的 T_1 值减低;使用 SCIC 技术后,可变翻转角 LAVA 与 IR-FSE 测量 T_1 值的相关系数为 0.667($P < 0.001$),且所测得的 T_1 值与浓度无明显递减关系。结论:SCIC 技术影响测得 T_1 值的准确性,从而影响 LAVA 多期动态 MRI 定量分析。

【关键词】 磁共振成像;表面线圈信号校准技术;可变翻转角;肝脏快速容积成像

【中图分类号】 R445.2; R575 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2016)07-0591-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2016.07.004

The effects of SCIC technology on quantitative analysis of dynamic contrast enhancement-MRI with LAVA YE Feng, SONG Ying, YU Xiao-duo, et al. Department of Diagnostic Radiology, Peking Union Medical College, Cancer Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100021, China

【Abstract】 Objective: To investigate the effects of surface coil intensity correction (SCIC) technology on the quantitative analysis of dynamic contrast enhancement-MRI (DCE-MRI) with LAVA sequence. **Methods:** The MRI system phantoms with diluted gadolinium solution of different concentrations were scanned using variable flip angles (VFAs) LAVA sequence with or without SCIC technology to simulate T_1 mapping protocols. Referring longitudinal relaxation times T_1 were obtained using single slice inversion-recovery prepared fast spin echo (IR-FSE) sequence. T_1 value measurements of VFAs LAVA sequence with or without SCIC were documented and then compared with the referring T_1 values. **Results:** T_1 values measured by LAVA sequence decreased with the increase of the gadolinium concentration when skipping SCIC technology, and the correlation coefficient of the T_1 values between LAVA sequence with VFAs and single slice IR-FSE was 0.964 ($P < 0.001$). Whereas the T_1 values didn't decrease with the increase of the concentration when using SCIC technology with the correlation coefficient 0.667 ($P < 0.001$). **Conclusion:** The SCIC technology affects quantitative analysis of DCE-MRI on its accuracy of the T_1 values.

【Key words】 Magnetic resonance imaging; Surface coil intensity correction; Variable flip angles; Liver acceleration volume acquisition

近年来,反映组织血流动力学灌注状态的定量动态对比增强磁共振成像(dynamic contrast enhancement magnetic resonance imaging, DCE-MRI)得到了飞速发展^[1-12]。定量 DCE-MRI 是利用 T_1 mapping 将 MRI 的信号强度与对比剂浓度相关联,结合成熟的血流动力学模型,通过采集多期 DCE-MRI 的信号,显示病变在不同增强时间点的量化状态,通过后处理得到灌注相关参数 K_{trans} 、 K_{ep} 和 V_e 值等。然而,不同厂家的 MR 的序列、后处理软件设计不同,图像的后处理技术有所不同,如果对某些图像后处理技术的认识不足,研究中误用某些参数,将会造成采集的大批数据无法使用。本研究涉及的图像后处理技术是表面线圈

信号校准技术(surface coil intensity correction, SCIC),该技术为 GE 设备常用的图像后处理技术,其作用是校正表面线圈所导致的不均匀性,使采集获得的图像更加均匀。本研究采用实验模型的方法探讨 SCIC 技术对定量 DCE-MRI 的影响。

材料与方法

1. 实验模型的制备

采用 15 mL 钆喷酸葡胺注射液(拜耳, 469.01 mg/mL)和磷酸盐缓冲液配制成不同浓度的钆溶液,所用溶液的浓度分别为 0.0625、0.125、0.175、0.225、0.325、0.5、0.75、1、1.25、1.5 和 2 mmol/L,分别取 40 mL 密封于 50 mL 无菌离心管内(图 1a)。将 11 管钆溶液按一定顺序固定放置于盛有生理盐水的容器中,放置于磁体扫描间内 1 h 以上,以保证溶液温

度与扫描间的温度接近。

2. MR 扫描方法

采用 GE Signa HDx 3.0T MR 扫描仪进行扫描, 利用 8 通道体部相控阵线圈, 垂直于模型管的中部进行扫描, 单层反转恢复快速自旋回波(inversion recovery prepared fast spin echo, IR-FSE)序列作为测量 T_1 mapping 的金标准^[13], 采集层数为 1 层; 参照既往的实验研究^[14], 定量 DCE-MRI T_1 mapping 采用可变翻转角 LAVA 序列, 且以 4 个可变翻转角组合(3°、6°、9°、12°, VFA4)为例, 肝脏快速容积成像(liver acceleration volume acquisition, LAVA)分别采用 SCIC 技术和不使用 SCIC 技术, 可变翻转角 LAVA 序列扫描 8 层, 其中的第 5 层与 IR-FSE 序列的扫描层面一致。扫描参数见表 1。

表 1 IR-FSE 和 LAVA 扫描参数

参数	IR-FSE	LAVA
采集方式	二维	三维
视野(cm)	24×24	24×24
层厚(mm)	3	3
层数	1	8
并行采集技术	无	有, ARC
矩阵	160×160	160×160
翻转角(°)	90	3/6/9/12
TR/TE(ms)	4000/8.8	3.7/1.1
激励次数	2	0.75
采集带宽(kHz)	15.6	125
扫描时间	5min28s×6	4s/FA×6
TI(ms)	50/100/200/400/800/1600	—
回波链	4	—
SCIC	无	分别采用有和无

T_1 mapping 的测量: 采用 GE Functool 9.3.01g 软件对采集获得的 IR-FSE 图像、可变翻转角 LAVA 图像进行后处理, 模型管兴趣区(ROI)勾画原则为在避开伪影的前提下尽可能大(图 1b)。

表 2 IR-FSE、LAVA(含 SCIC 和不含 SCIC)测得的不同浓度溶液 T_1 值 (ms)

编号	钆溶液浓度 (mmol/L)	2D IRFSE	LAVA VFA4 T_1 值		T_1 值差值	
			不含 SCIC	含 SCIC	IRFSE-不含 SCIC	IR FSE-含 SCIC
1	0.0625	—	733.23±144.94	397.78±65.35	—	—
2	0.125	893.38±10.44	646.21±125.19	398.20±56.29	247.17	495.18
3	0.175	737.31±8.28	417.63±90.67	361.25±58.72	319.68	376.06
4	0.225	617.13±5.98	464.25±99.87	436.92±77.11	152.88	180.21
5	0.325	469.36±4.34	321.06±57.38	426.92±63.88	148.30	42.44
6	0.5	333.90±3.85	208.86±43.18	328.43±51.77	125.04	5.47
7	0.75	237.32±2.57	194.89±33.57	241.86±30.79	42.43	-4.54
8	1	182.27±2.55	154.33±26.18	289.42±31.34	27.94	-107.15
9	1.25	—	110.15±20.04	302.95±36.12	—	—
10	1.5	127.25±1.72	92.46±21.36	211.88±37.09	34.79	-84.63
11	2	96.80±1.04	76.02±19.41	197.09±33.38	20.78	-100.29
r 值			0.964	0.667		
P 值			0.000	0.000		

注: “—”数值明显偏离而被舍弃; T_1 值差值为 IR-FSE 测得 T_1 值与 LAVA VFA4 测得 T_1 值差值。

3. 统计学分析

采用 SPSS 17.0 软件包进行统计学处理, 各序列对每组溶液测得的所有 T_1 值采用均数±标准差进行描述, 分别计算使用 SCIC 技术和不使用 SCIC 技术时, 可变翻转角 LAVA 测得的 T_1 值与金标准序列测得的 T_1 值的 Pearson 相关系数 r 值, 并计算使用 SCIC 技术可变翻转角 LAVA 测得的 T_1 值、不使用 SCIC 技术可变翻转角 LAVA 与金标准序列所测得 T_1 值的差值。

结 果

所有序列测得的 T_1 值见表 2, 采用 Functool 后处理后, 金标准 IR-FSE 序列数据第 1、9 号管(浓度分别为 0.0625、1.25 mmol/L 管)试管内图像明显不均匀, 予以舍弃; IR-FSE、不使用 SCIC 和使用 SCIC 技术时对每组溶液测得的 T_1 值分别为(584.60±253.72)、(403.24±176.40)和(367.91±67.06) ms。

不使用 SCIC 时, 4 个可变翻转角组合 LAVA 序列(LAVA VFA4)测得的 T_1 值均低于金标准 IR-FSE 序列(图 2), 两者呈正相关($r=0.964, P=0.000$, 图 3), 随着钆溶液浓度增高, T_1 值递减。使用 SCIC 技术时, 在钆溶液低浓度区, LAVA VFA4 测得的 T_1 值低于金标准, 而在钆溶液高浓度区, T_1 值增高, 高于金标准测得的 T_1 值($r=0.667, P=0.000$, 表 2, 图 2~3), 同时测得的 T_1 值与钆溶液浓度不成反比。

讨 论

目前表面相控阵线圈已广泛应用于临床^[15]。由于表面相控阵线圈置于体表, 存在近线圈效应, 即近线圈区域信号强, 远离线圈区域信号相对弱, 导致图像明

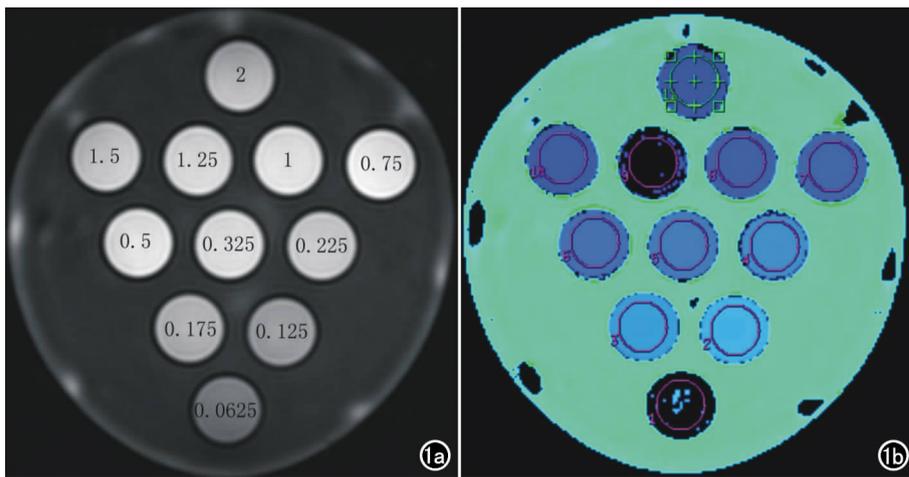


图1 模型管 IR-FSE MRI 及 ROI。a) 图内标注的数字为该溶液的浓度; b) 圆圈内为 ROI。

暗不均匀,对诊断有一定影响,为了消除这种效应引起的图像明暗不均匀,设备厂家会采用一些图像后处理技术。SCIC 技术是 GE 公司采用的一种图像后处理技术,其作用是通过消除近线圈效应而改善图像的明暗不均匀,提高显示效果。因此,SCIC 技术在理论上改变了原始图像上的真实信号强度。然而,实际工作中,它经常被许多研究者所忽略,在最后数据测量过程中,得不到预期的结果,造成所采集的大量数据成为无效数据,使得设计好的研究最终失败。目前一些 MR 的灌注模型在增强扫描前需要常规扫描测量 T_1 mapping,本研究采用自制模型的方法通过验证 SCIC 技术对 T_1 mapping 的影响,从而了解 SCIC 技术对灌注 MRI 的影响。

既往研究已经证实可变翻转角技术结合 LAVA 序列快速测量组织 T_1 值的可行性,并且认为在不影

响扫描时间的前提下,应尽量增加翻转角数量^[14],因此本研究采用 4 个可变翻转角 LAVA 序列进行 T_1 值的测量。分别对使用 SCIC 技术和未使用 SCIC 技术的图像与金标准序列 IR-FSE 测得的 T_1 值进行比较,理想的结果是在不同浓度点,测得的 T_1 值结果与金标准测得的 T_1 值结果接近,测得的 T_1 值与浓度基本呈反比关系。结果显示,未使用 SCIC 技术的 4 个翻转角 LAVA 图像测得的溶液 T_1 值与浓度成反比,随浓度升高而递减,说明未使用 SCIC 技术

时,测得的 T_1 值所拟合的曲线与金标准测得的 T_1 值较为接近,与理想的结果较为符合;而使用了 SCIC 技术后,在钆溶液低浓度区, T_1 值低于金标准测得 T_1 值,在钆溶液高浓度区, T_1 值高于金标准所测得 T_1 值,并且 T_1 值不随浓度升高呈递减,与理想的结果不相符合,分析原因可能是 SCIC 起了作用。可变翻转角 LAVA 序列如果采用了 SCIC 技术,所测得的 T_1 值是不能准确反应组织的实际 T_1 值,将会导致灌注扫描的后续计算失去准确性,因此,SCIC 技术通过影响测得的 T_1 值的准确性,影响 MRI 灌注定量分析的准确性。

本研究存在以下缺陷:①未直接验证 SCIC 技术是否影响了灌注相关参数的准确性;②未在体研究 SCIC 技术对量化 DCE-MRI 的影响。

综上所述,SCIC 技术通过影响测得 T_1 值的准确性,从而影响 MRI 灌注定量分析。因此,笔者认为除

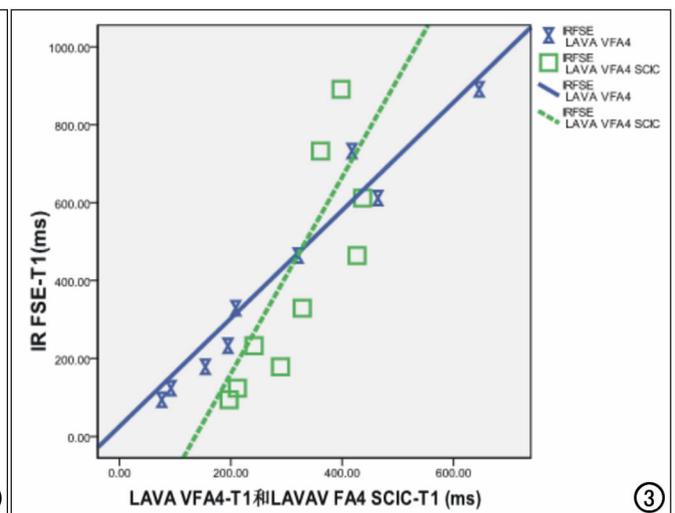
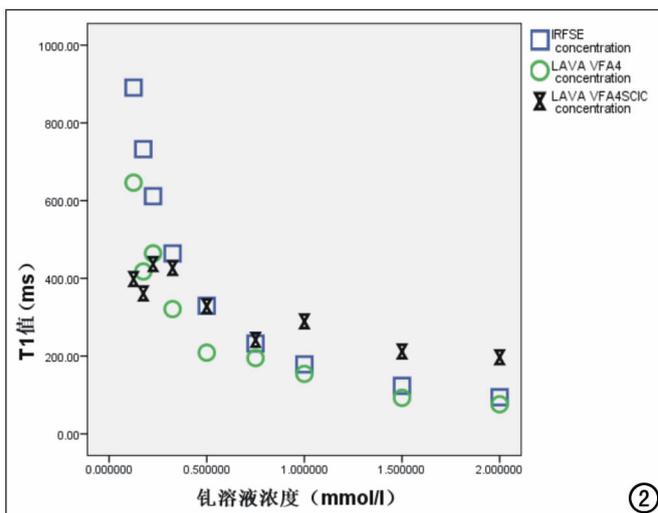


图2 LAVA VFA4 使用 SCIC 序列(LAVA VFA4 SCIC)、LAVA VFA4 不使用 SCIC 序列(LAVA VFA4)、IR-FSE 序列所测 T_1 值与钆溶液浓度的对应关系。图3 LAVA VFA4 SCIC、LAVA VFA4 测得的 T_1 值与金标准 IR-FSE 序列测得的 T_1 值的相关性。

了 T_1 mapping 的扫描以外,在注射对比剂后 MRI 灌注扫描过程中,需要将 SCIC 技术去除,以免改变原始图像的信号强度,从而影响 K_{tr} 、 K_{ep} 和 V_e 值的准确性。但同时需要指出的是 MRI 灌注扫描因为去除了 SCIC 技术,势必将导致图像的均匀性下降,将对图像质量造成一定的影响,是否会影响诊断需要进一步研究。

参考文献:

- [1] Li L, Wang K, Sun X, et al. Parameters of dynamic contrast-enhanced MRI as imaging markers for angiogenesis and proliferation in human breast cancer[J]. *Med Sci Monit*, 2015, 21(2): 376-382.
- [2] Hao W, Zhao B, Wang G, et al. Influence of scan duration on the estimation of pharmacokinetic parameters for breast lesions; a study based on CAIPIRINHA-Dixon-TWIST-VIBE technique [J]. *Eur Radiol*, 2015, 25(4): 1162-1171.
- [3] Yi B, Kang DK, Yoon D, et al. Is there any correlation between model-based perfusion parameters and model-free parameters of time-signal intensity curve on dynamic contrast enhanced MRI in breast cancer patients? [J]. *Eur Radiol*, 2014, 24(5): 1089-1096.
- [4] Yang RM, Zou Y, Huang DP, et al. In vivo assessment of the vascular disrupting effect of M410 by DCE-MRI biomarker in a rabbit model of liver tumor[J]. *Oncology Reports*, 2014, 32(2): 709-715.
- [5] Styles C, Ferris N, Mitchell C, et al. Multiparametric 3T MRI in the evaluation of intraglandular prostate cancer: correlation with histopathology[J]. *J Med Imaging Radiat Oncol*, 2014, 58(4): 439-448.
- [6] Onxley JD, Yoo DS, Muradyan N, et al. Comprehensive population-averaged arterial input function for dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging of head and neck cancer[J]. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2014, 89(3): 658-665.
- [7] Nilsen LB, Fangberget A, Geier OM, et al. Associations between

tumor vascularization assessed by in vivo DCE-MRI and the presence of disseminated tumor cells in bone marrow in breast cancer patients at the time of diagnosis[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2014, 40(6): 1382-1391.

- [8] MacIsaac KD, Baumgartner R, Kang J, et al. Pre-treatment whole blood gene expression is associated with 14-week response assessed by dynamic contrast enhanced magnetic resonance imaging in infliximab-treated rheumatoid arthritis patients[J]. *PLoS One*, 2014, 9(12): e113937.
- [9] Liu K, Xie P, Peng W, et al. Assessment of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging in the differentiation of pancreatic ductal adenocarcinoma from other pancreatic solid lesions [J]. *J Comput Assist Tomogr*, 2014, 38(5): 681-686.
- [10] Liao WH, Yang LF, Liu XY, et al. DCE-MRI assessment of the effect of Epstein-Barr virus-encoded latent membrane protein-1 targeted DNAzyme on tumor vasculature in patients with nasopharyngeal carcinomas[J]. *BMC Cancer*, 2014, 14(11): 835.
- [11] Jirik R, Soucek K, Mězl M, et al. Blind deconvolution in dynamic contrast-enhanced MRI and ultrasound[J]. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2014, 2014: 4276-4279.
- [12] Jakubovic R, Sahgal A, Soliman H, et al. Magnetic resonance imaging-based tumour perfusion parameters are biomarkers predicting response after radiation to brain metastases[J]. *Clinical Oncology*, 2014, 26(11): 704-712.
- [13] Andreisek G, White LM, Yang Y, et al. Delayed gadolinium-enhanced MR imaging of articular cartilage: three-dimensional T_1 mapping with variable flip angles and B1 correction[J]. *Radiology*, 2009, 252(3): 865-873.
- [14] 叶枫, 欧阳汉, 宋颖, 等. 基于可变翻转角技术快速测量组织 T_1 值的可行性[J]. *中国医学影像技术*, 2014, (8): 1247-1250.
- [15] 杨正汉, 冯逢, 王霄英. 磁共振成像技术指南——检查规范、临床策略及新技术应用指南[M]. 北京: 人民军医出版社, 2007: 120.

(收稿日期: 2016-03-14)

《放射学实践》杂志“定量影像专题”征文通知

随着 2015 年精准医疗战略的提出,作为关键环节之一的医学影像领域向定量影像的方向快速发展。定量影像相关序列、软件和应用技术的发展,尤其是伴随动态增强血流动力学模型的开发与改进,动态增强定量成像技术在 MRI、CT 领域的研究成果层出不穷,为肿瘤良恶性评估及分期、肿瘤化疗药物和抗血管生成药物临床疗效评估以及心脑血管缺血性病变的诊断提供更精准的影像评估工具。

《放射学实践》杂志特定 2016 年出版“定量影像专题”。

征文内容如下:CT/MR 增强定量成像技术在心脑血管病的诊断、预后评估;肿瘤、炎症等疾病的定性诊断、分期以及疗效评估方面的临床研究和实验研究。征文要求:内容具备创新性、科学性和实用性;书写语句通顺、文字简练、层次清楚、逻辑性强。试验要经过严格的科研设计,明确病例的入选标准、排除及观察指标;样本数要根据研究类型进行计算,达到最低样本数。

征文截稿时间:2016 年 10 月 31 日。

来稿请注明“定量影像专题”字样。文稿经审稿专家审阅,达到《放射学实践杂志》发表要求的,将予特快通道发表。