

Comparison of image quality of brain between conventional MR sequence and compilation sequence

LIU Huiming¹, YIN Guoping², BIE Fei², QUAN Guangnan², XIE Chuanmiao^{1*}

(1. Department of Medical Imaging, Sun Yat-sen University Cancer Center, Guangzhou 510060, China; 2. GE Healthcare, Beijing 100176, China)

[Abstract] **Objective** To compare the image quality of brain of magnetic resonance image compilation (MAGiC) sequence and conventional MR sequence. **Methods** Ninety-six subjects underwent conventional MR sequences and MAGiC sequence scanning. The quality scores and SNR were compared between conventional MR sequence T1 FSE, T2 FSE, T1 Flair and T2 Flair images as well as MAGiC sequence reformatted MAGiC T1, MAGiC T2, MAGiC T1 Flair and MAGiC T2 Flair images. **Results** There was no statistical difference of image quality score, artifact score, detection of lesions score between conventional sequences images and MAGiC sequence images (all $P > 0.05$). SNR of MAGiC T1, MAGiC T2, MAGiC T1 Flair, MAGiC T2 Flair images were higher than that of corresponding conventional sequence images (all $P < 0.01$). **Conclusion** The quality of brain images captured with MAGiC and conventional sequences are similar, and SNR of MAGiC sequence images are higher than conventional sequence images.

[Keywords] magnetic resonance imaging; magnetic resonance image compilation sequence; brain

DOI:10.13929/j.1003-3289.201805163

对比集合序列与常规序列头部 MR 图像质量

刘辉明¹, 尹国平², 别非², 权光南², 谢传森^{1*}

(1. 中山大学肿瘤防治中心影像科, 广东 广州 510060;
2. 通用电气医疗集团, 北京 100176)

[摘要] **目的** 对比分析 MRI 集合(MAGiC)序列与常规序列头部图像质量。**方法** 对 96 人进行头部常规序列及 MAGiC 序列 MR 扫描, 比较常规序列 T1 FSE、T2 FSE、T1 Flair、T2 Flair 图像与 MAGiC 序列重建 MAGiC T1、MAGiC T2、MAGiC T1 Flair、MAGiC T2 Flair 图像的质量和 SNR。**结果** 常规序列与 MAGiC 序列图像的整体质量评分、伪影评分、病灶检出评分差异均无统计学意义(P 均 > 0.05)。MAGiC T1、MAGiC T2、MAGiC T1 Flair、MAGiC T2 Flair 图像的 SNR 均高于相应常规序列图像(P 均 < 0.01)。**结论** MAGiC 序列与常规序列扫描所获头部图像质量相当, 且 MAGiC 序列图像的 SNR 更高。

[关键词] 磁共振成像; 磁共振成像集合序列; 脑

[中图分类号] R445.2; R742 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2019)02-0268-04

MRI 具有多平面及多对比度成像的优势, 但扫描需一定的时间, 期间患者必须完全制动, 否则图像会出现一系列伪影而影响诊断或导致扫描失败。集成 MRI (synthetic MRI, syMRI) 是目前最新的一种 MR

扫描技术^[1], 一次扫描可以得到多种对比图像且扫描时间短。根据传统 MRI 理论, 扫描时间缩短意味着图像质量降低, syMRI 能否在提高扫描速度的同时保证图像质量目前尚未明确。本研究将基于 syMRI 技术

[第一作者] 刘辉明(1985—), 男, 广东梅州人, 学士, 主管技师。研究方向: 影像技术。E-mail: liuhuim@sysucc.org.cn

[通信作者] 谢传森, 中山大学肿瘤防治中心影像科, 510060。E-mail: xiechm@sysucc.org.cn

[收稿日期] 2018-05-16 [修回日期] 2018-09-04

的 MRI 集合 (magnetic resonance image compilation, MAGiC) 序列应用于头部成像, 对比分析 MAGiC 序列与常规序列头部图像质量。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2017 年 8 月—2018 年 2 月于我院接受脑 MR 扫描的受检者 96 人, 其中脑疾病患者 64 例、健康志愿者 32 名, 男 55 人, 女 41 人, 年龄 12~74 岁, 平均 (44.2±24.8) 岁。纳入标准: 完成所有序列的 MR 扫描; 无 MR 扫描禁忌证, 如幽闭恐惧症。本研究通过我院伦理委员会批准, 所有受试者均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法 采用 GE Signa Pioneer 3.0T 超导型 MR 扫描仪, 扫描线圈为 16 通道相控阵头线圈。分别进行常规序列 T1 FSE、T2 FSE、T1 Flair、T2 Flair 及 MAGiC 序列扫描, 各序列参数见表 1。

1.3 图像处理及分析 由 2 名具有 12 年以上中枢神经系统疾病诊断经验的放射科医师独立阅片, 采用盲法评价图像质量, 意见不同时经协商达成一致。将常规序列 T1 FSE、T2 FSE、T1 Flair、T2 Flair 扫描所获图像及 MAGiC 序列扫描重建的 MAGiC T1、MAGiC T2、MAGiC T1 Flair、MAGiC T2 Flair 图像在 GE AW 4.6 工作站进行后处理, 获取图像的 SNR。采用 5 分法评价图像质量, 图像质量评价指标包括整体质量评分、伪影评分及病灶检出评分 (后者仅评价 64 例脑疾病患者)。整体质量评分标准: 1 分, 图像不能用于诊断; 2 分, 图像质量无法满足诊断, 但在特殊情况下可用于提供参考意见; 3 分, 图像质量一般, 基本满足诊断要求; 4 分, 图像较清晰, 能较为准确诊断; 5 分, 图像清晰, 能够确切诊断。伪影评分: 1 分, 整个图像均为伪影; 2 分, 图像伪影严重, 无法诊断; 3 分, 存在运动或搏动伪影, 但尚可用于诊断; 4 分, 轻微伪影, 不影响诊断; 5 分, 无各类伪影。病灶检出评分: 1 分, 病灶无法检出; 2 分, 病灶部分可见, 但无法清晰显示; 3 分, 病灶可全部检出, 但解剖细节欠清晰; 4 分, 病灶可全

部检出, 解剖细节较为清晰; 5 分, 病灶明确检出, 解剖细节非常清晰。

SNR 计算方法: 参照美国全国电气制造协会标

准^[2]计算 SNR, $SNR = \frac{0.66 \times S}{SD} \times \sqrt{\frac{10}{d}}$, 其中 S 为信号强度, SD 为噪声, d 为层厚。在常规序列扫描图像及 MAGiC 序列重建图像的大脑前联合层面分别勾画面积为 10 000 mm² 的 ROI, 于 ROI 信号均匀处测量信号强度。同时分别于常规序列图像上、下、左、右 4 个角背景噪声处勾画面积为 100 mm² 的 ROI, 取 4 个 ROI 信号强度标准差的平均值作为常规序列的噪声强度。在对应的原始图像相应的背景噪声处勾画 4 个面积为 100 mm² 的 ROI, 取 4 个 ROI 信号强度标准差的平均值作为 MAGiC 序列的噪声强度。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 20.0 统计分析软件。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 等级资料以中位数 (上下四分位数) 表示。采用配对 *t* 检验比较 MAGiC 序列与常规序列图像 SNR 的差异, 采用配对秩和检验比较 MAGiC 序列与常规序列获得图像的整体质量评分、伪影评分及病灶检出评分的差异。P < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

在相同分辨率条件下, 常规序列和 MAGiC 序列对脑实质病灶显示无明显差异 (图 1)。MAGiC 序列及常规序列获得图像的整体质量评分、伪影评分及病灶检出评分差异均无统计学意义 ($Z = -1.808, -1.640, -1.758, P$ 均 > 0.05, 表 2)。MAGiC T1 图像的 SNR 为 978.71 ± 152.17 , MAGiC T2 为 592.13 ± 85.51 , MAGiC T1 Flair 为 611.80 ± 142.60 , MAGiC T2 Flair 为 408.07 ± 82.31 ; 常规序列 T1 FSE 图像的 SNR 为 124.50 ± 9.04 , T2 FSE 为 76.99 ± 7.46 , T1 Flair 为 111.35 ± 11.07 , T2 Flair 为 76.54 ± 12.19 ; MAGiC 序列重建图像的 SNR 均高于对应的常规序列图像 ($t = -54.57, -59.30, -34.27, -40.32, P$ 均 < 0.01)。

表 1 MR 常规序列及 MAGiC 序列扫描参数

序列	TR(ms)	TE(ms)	TI(ms)	FOV(cm)	层厚(mm)	层间距(mm)	矩阵	ETL	NEX	带宽(kHz)	扫描时间(min)
常规序列											
T1 FSE	600	10	NA	24.0×21.6	5	1	320×256	3	2	41.67	3.0
T2 FSE	2 500	120	NA	24.0×21.6	5	1	320×256	24	1	41.67	1.5
T1 Flair	1 750	24	960	24.0×21.6	5	1	320×256	10	2	41.67	3.0
T2 Flair	9 000	140	2 400	24.0×21.6	5	1	320×256	22	2	31.25	3.0
MAGiC 序列	4 000	21&95	NA	24.0×21.6	5	1	320×256	16	1	41.67	4.5

注: NA: 未测

表 2 MAGiC 序列及常规序列图像评分比较(人)

序列	整体质量评分(n=96)			伪影评分(n=96)			病灶检出评分(n=64)		
	3分	4分	5分	3分	4分	5分	3分	4分	5分
MAGiC 序列	22	54	20	10	53	33	6	19	39
常规序列	8	71	17	6	48	42	3	11	50
Z 值	-1.808			-1.640			-1.758		
P 值	0.071			0.101			0.079		

注: MAGiC 序列及常规序列图像整体质量、伪影及病灶检出评分均无 1、2 分

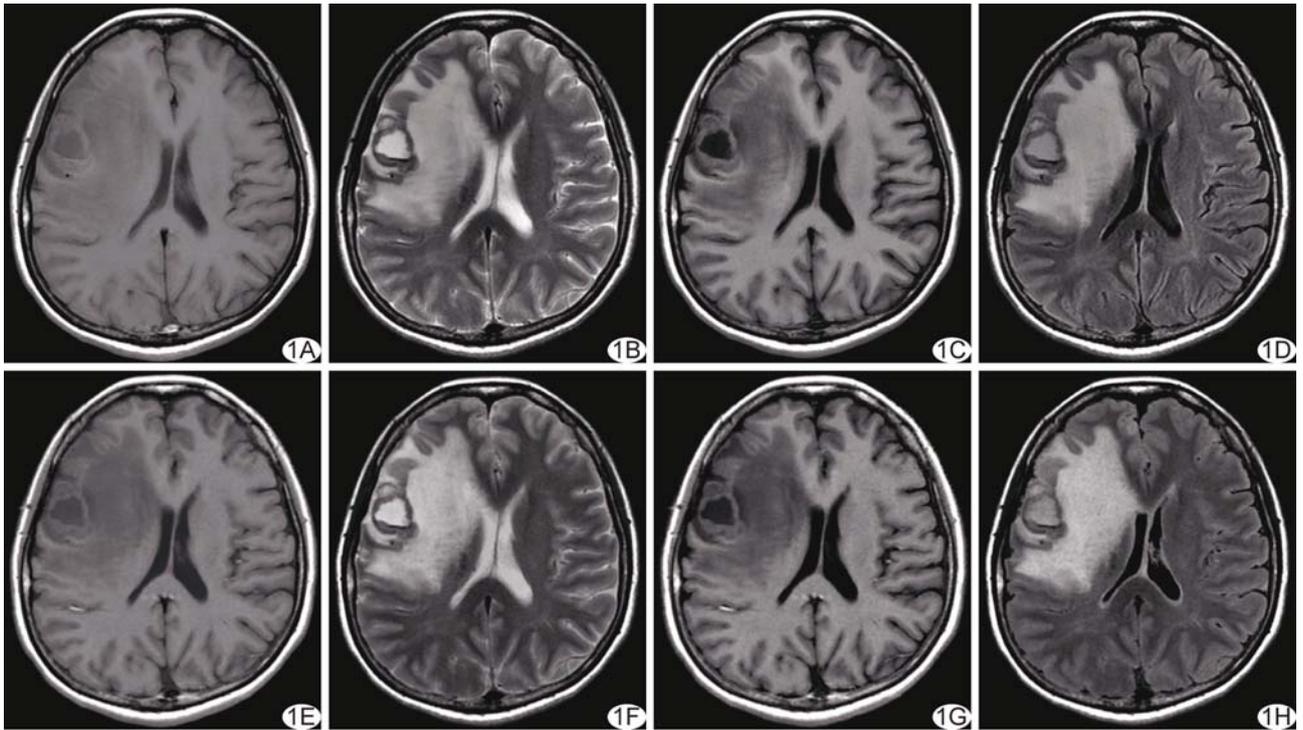


图 1 患者女, 42 岁, 肺癌脑转移 A~D. 分别为 MR T1 FSE(A)、T2 FSE(B)、T1 Flair(C)、T2 Flair(D) 序列扫描图像; E~H. 分别为 MAGiC T1(E)、MAGiC T2(F)、MAGiC T1 Flair(G)、MAGiC T2 Flair(H) 序列重建图像

3 讨论

基于多个延迟多回波 (multiple-delay multiple-echo, MDME) 序列原理, MAGiC 序列在不同 TR 内施加 4 个 120° 饱和脉冲, 同时进行双回波采集, 共生成 8 组对比图像。MAGiC 序列中的多饱和脉冲可定量组织的 T1, 进而得到 T1 定量图; 多回波采集可定量 T2, 进而得到 T2 定量图。获得组织 T1 值后, 可计算出射频场的大小, 即 B1 值。将 T1、T2、B1 值代入信号强度计算公式, 可得到组织的磁化矢量 M0 值, 进而获得质子密度 (proton density, PD) 定量图。已知 T1、T2、B1 及 PD 值后, 通过相应的后处理软件, 即可得到基于自旋回波序列任意对比的图像^[3]。

除可得到常规的对比图像, 采用 MAGiC 序列还可获得相位敏感翻转恢复 (phase sensitive inversion recovery, PSIR)、双反转灰/白质 (double inversion

recovery-white matter or grey matter, DIR-WM/GM) 等临床相对少用的对比图像, 而这些对比图像对多发性硬化^[4-6]、颜面血管瘤病综合征^[7-8] 等病变的诊断价值高于常规序列图像。双反转 (double inversion recovery, DIR) 具有良好的灰白质对比, 通过 MAGiC 序列可进行灰白质分割^[9]。通过后处理软件对原始数据的 TE、TR、TI 等参数进行随机调整后, 采用 MAGiC 序列还可产生任意对比的图像。MR 常规序列扫描得到的图像均为加权成像, 各序列间相互影响, 如 T1 加权成像易受 PD 及 T2 的影响。通过 MAGiC 序列扫描可获得 T1、T2 及 PD 的定量图, 实现组织自身特性的绝对成像, 同时为从形态学诊断到量化诊断提供基础^[10]。

本研究结果显示, 在分辨率相同的情况下, 采用 MAGiC 序列和常规序列扫描获得的 T1 FSE、T2

FSE、T1 Flair、T2 Flair 图像整体质量并无显著差异,解剖形态表现类似,对病变检出的效果相当。本研究中,在图像伪影方面 MAGiC 序列和常规序列表现也很接近,与 Tanenbaum 等^[11]研究结果一致。既往对转移瘤的研究^[12]发现,MAGiC T1 Flair 图像的血管搏动伪影少于常规 T1 Flair 图像,该序列更有利于显示小脑病灶,这可能与 MAGiC 序列采用的长 ETL 使血液流空效应更加显著有关。本研究中 MR 常规序列扫描总时间为 10.5 min,而 MAGiC 序列在 5 min 内一次成像即可得到多种对比图像。有研究^[13]报道,缩短扫描时间可减轻运动伪影。此外,对于一些不能长时间配合 MR 扫描的患者,缩短扫描时间可提高扫描成功率。既往有研究^[14-17]报道了 MAGiC 序列应用于儿童头部成像的可行性,并认为其对头部疾病的诊断效能与常规序列相近。

在 SNR 方面,由于 MAGiC 序列的原理特殊,MAGiC 序列重建图像的背景噪声为 0,故 MAGiC 序列图像的背景噪声需在原始图像上测量。本研究在对应的原始图像相应的背景噪声处勾画 4 个面积为 100 mm² 的 ROI,取 4 个 ROI 信号强度标准差的平均值作为 MAGiC 序列的噪声强度。本组 MAGiC 序列重建图像的 SNR 均高于对应的常规序列图像。更高的 SNR 可以确保 MAGiC 序列在图像显示上的效果不差于常规序列,为 MAGiC 序列的应用提供了客观依据。

本研究存在的不足之处:①样本量少,尤其是缺少儿童病例;②在参数设置方面,MAGiC 序列和常规序列的分辨率、层厚和间距保持一致,但二者的带宽、回波链及激励次数等参数无法设置一致,可能会影响图像的 SNR,造成结果偏倚;③MAGiC 序列推荐的扫描时间为 <5 min,相对于其他单个常规序列的扫描时间更长,患者在扫描期间可能运动或活动,可能导致图像质量下降。

综上所述,在对头部进行 MR 扫描时,MAGiC 序列具有可与常规序列相媲美的图像质量,且图像 SNR 更高,临床应用前景广阔。

[参考文献]

- [1] Hagiwara A, Warntjes M, Hori M, et al. SyMRI of the brain: Rapid quantification of relaxation rates and proton density, with synthetic MRI, automatic brain segmentation, and myelin measurement. *Invest Radiol*, 2017, 52(10):647-657.
- [2] National Electrical Manufacturers Association. NEMA-MS-1. Determination of SNR in diagnostic magnetic resonance images. Arlington: NEMA, 2008:1-9.
- [3] 康宁, 俎栋林, 张宏杰. 自旋密度 ρ 、弛豫时间 T1 和 T2 定量磁共振成像. *中国医学影像技术*, 2004, 20(12):1944-1947.
- [4] Sethi V, Yousry TA, Muhlert N, et al. Improved detection of cortical MS lesions with phase-sensitive inversion recovery MRI. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2012, 83(9):877-882.
- [5] Granberg T, Uppman M, Hashim F, et al. Clinical feasibility of synthetic MRI in multiple sclerosis: A diagnostic and volumetric validation study. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2016, 37(6):1023-1029.
- [6] Hagiwara A, Hori M, Yokoyama K, et al. Synthetic MRI in the detection of multiple sclerosis plaques. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2017, 38(2):257-263.
- [7] Andica C, Hagiwara A, Nakazawa M, et al. The advantage of synthetic MRI for the visualization of early white matter change in an infant with Sturge-Weber syndrome. *Magn Reson Med Sci*, 2016, 15(4):347-348.
- [8] Hagiwara A, Nakazawa M, Andica C, et al. Dural enhancement in a patient with Sturge-Weber syndrome revealed by double inversion recovery contrast using synthetic MRI. *Magn Reson Med Sci*, 2016, 15(2):151-152.
- [9] Callaghan MF, Mohammadi S, Weiskopf N. Synthetic quantitative MRI through relaxometry modelling. *NMR Biomed*, 2016, 29(12):1729-1738.
- [10] 古冬连, 金观桥, 苏丹柯. 磁共振弛豫时间 T1、T2 的测量方法及其在肿瘤中的应用价值. *广西医学*, 2017, 39(5):686-688.
- [11] Tanenbaum LN, Tsiouris AJ, Johnson AN, et al. Synthetic MRI for clinical neuroimaging: Results of the magnetic resonance image compilation (MAGiC) prospective, multicenter, multireader trial. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2017, 38(6):1103-1110.
- [12] Hagiwara A, Hori M, Suzuki M, et al. Contrast-enhanced synthetic MRI for the detection of brain metastases. *Acta Radiol Open*, 2016, 5(2):2058460115626757.
- [13] Zaitsev M, Maclaren J, Herbst M. Motion artifacts in MRI: A complex problem with many partial solutions. *J Magn Reson Imaging*, 2015, 42(4):887-901.
- [14] Betts AM, Leach JL, Jones BV, et al. Brain imaging with synthetic MR in children: Clinical quality assessment. *Neuroradiology*, 2016, 58(10):1017-1026.
- [15] Lee SM, Choi YH, Cheon JE, et al. Image quality at synthetic brain magnetic resonance imaging in children. *Pediatr Radiol*, 2017, 47(12):1638-1647.
- [16] West H, Leach JL, Jones BV, et al. Clinical validation of synthetic brain MRI in children: Initial experience. *Neuroradiology*, 2017, 59(1):43-50.
- [17] McAllister A, Leach J, West H, et al. Quantitative synthetic MRI in children: Normative intracranial tissue segmentation values during development. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2017, 38(12):2364-2372.