

3.0 T MR 单源与多源发射技术对肝脏成像质量影响的对比研究

罗竹人 王丹 申宝忠 孙夕林 王国坤 刘芳 胡曙光 Queenie Chan

【摘要】 目的 探讨 3.0 T MR 单源与多源发射技术对肝脏成像质量的影响。方法 回顾性分析 107 例行 3.0 T MR 肝脏扫描受试者的图像,检查序列包括频谱选择性衰减反转恢复 T₂WI (SPAIR T₂WI) 序列、DWI 以及平衡式快速场回波 (Balanced FFE) 序列。每一序列均在单源和多源的激发模式下进行双重采集,采用 Student's *t* 检验比较单多源图像的均匀性与对比度,采用 Wilcoxon 秩和检验比较单多源图像质量的评分。2 名放射科医师独立进行阅片,采用 Kappa 检验比较读片者之间的诊断一致性。结果 采用单源和多源发射技术测量图像的均匀性分别为 418.40 ± 66.75 和 416.26 ± 50.61,多源发射技术图像均匀性优于单源发射技术,差异有统计学意义 ($t = 2.524, P < 0.05$)。单源和多源发射技术测得的信噪比 (SNR) 分别为 20.36 ± 11.21 和 22.03 ± 12.16,对比噪声比 (CNR) 分别为 15.22 ± 8.95 和 18.33 ± 10.01,差异均有统计学意义 (t 值分别为 -2.630 和 -4.238, P 值均 < 0.05)。多源发射技术图像对比度优于单源发射技术图像。SPAIR T₂WI 序列单源和多源发射技术图像质量评分分别为 (1.40 ± 0.42) 和 (1.81 ± 0.27) 分, DWI 序列分别为 (1.08 ± 0.46) 和 (1.63 ± 0.36) 分, Balanced FFE 序列分别为 (0.95 ± 0.45) 和 (1.65 ± 0.37) 分,多源发射技术图像质量在上述 3 个序列中均优于单源发射技术图像 (Z 值分别为 -5.894、-5.801 和 -6.985, P 值均 < 0.01)。2 名评判医师之间的诊断一致性好 (Kappa 值均 > 0.8, P 值均 < 0.05)。结论 相对于单源发射技术来说,多源发射技术能够消除电解质阴影,提供更好的图像均匀性、更高的图像对比度和更佳的图像质量,3.0 T 多源技术在腹部成像上具有很明显的优势。

【关键词】 肝; 磁共振成像; 对比研究

Comparison of dual-source parallel radio frequency transmission liver MRI at 3.0 T with conventional MRI

LUO Zhu-ren*, WANG Dan, SHEN Bao-zhong, SUN Xi-lin, WANG Guo-kun, LIU Fang, HU Shu-guang, Queenie Chan. * Department of Radiology, the Fourth Affiliated Hospital, Harbin Medical University, Harbin 150001, China * (Present address: Department of Radiology, the First Affiliated Hospital, Xiamen University, Xiamen 361003, China)

Corresponding author: SHEN Bao-zhong, Email: shenbzh@vip.sina.com

【Abstract】 Objective To investigate the role of dual-source parallel radio frequency (RF) and single-source excitation in liver imaging at 3.0 T MR. **Methods** This study was a retrospective analysis. One hundred and seven subjects underwent a 3.0 T TX MR scanning including axial spectrally selective attenuated inversion recovery (SPAIR) T₂WI, axial DWI and coronal balanced-fast field echo (Balanced FFE). Each sequence was carried out with both single-source and dual-source RF excitation. Student's *t* test was used to compare the differences between single-source and dual-source RF excitation in the image uniformity, signal-to-noise ratio (SNR) and contrast-to-noise ratio (CNR). Wilcoxon signed rank test was used to determine whether there was difference between conventional and parallel transmission in the score of image quality. Reader agreement was assessed using the Cohen's Kappa test. **Results** For the image uniformity, there was significant difference between single-source and dual-source excitation (418.40 ± 66.75 for single-source vs. 416.26 ± 50.61 for dual-source, $t = 2.524, P < 0.05$). There also existed significant difference between single-source and dual-source excitation in SNR and CNR, respectively. The SNR and CNR of parallel transmission (22.03 ± 12.16 and 18.33 ± 10.01, respectively) were both higher than those of single transmission (20.36 ± 11.21 and 15.22 ± 8.95, respectively) ($t = -2.630, P < 0.05$).

DOI:10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2011.11.009

作者单位:150001 哈尔滨医科大学附属第四医院放射科[罗竹人(现在厦门大学附属第一医院放射科, 361003)、王丹、申宝忠、孙夕林、王国坤、刘芳];飞利浦医疗(胡曙光、Queenie Chan)

通信作者:申宝忠,Email:shenbzh@vip.sina.com

for SNR and $t = -4.238$, $P < 0.05$ for CNR). Image quality comparisons revealed significantly better results with dual-source than single-source RF excitation at SPAIR T₂WI (1.40 ± 0.42 vs. 1.81 ± 0.27), DWI (1.08 ± 0.40 vs. 1.63 ± 0.36) and Balanced FFE sequence (0.95 ± 0.45 vs. 1.65 ± 0.37, $Z = -5.894$, -5.801 and -6.985 , respectively, $P < 0.01$). In the comparison of image quality, the agreement between the two readers was very good ($Kappa > 0.8$, $P < 0.05$). **Conclusion** Dual-source parallel RF excitation MR imaging in liver enables reducing dielectric shading, improving homogeneity of the RF magnetic induction field, and increasing SNR and CNR at 3.0 T.

【Key words】 Liver; Magnetic resonance imaging; Comparative study

由于人体固有的特殊射频吸收率 (specific absorption rate, SAR) 及抗电效应的影响, 3.0 T MRI 速度和图像一致性受到了影响, 阻碍了 3.0 T MR 在体部的临床应用^[1]。Achieva 3.0 T TX MR 仪采用独有的多源发射技术来进行射频匀场, 解决了抗电阴影问题, 可以改善图像的对比度和均匀性, 提高病灶检出率^[2-4]。此外, 局部射频能量沉积也相应减少, 提高了扫描速度^[5]。笔者旨在比较多源发射技术与单源发射技术对肝脏成像图像质量的影响。

资料与方法

一、研究对象

回顾性分析 2010 年 6 月至 9 月期间, 在我院接受 3.0 T TX MR 腹部检查的患者 77 例及健康志愿者 30 名 (健康志愿者为附近居民), 年龄 30 ~ 85 岁, 平均 (57 ± 4) 岁, 男 56 例, 女 51 例。本研究得到了哈尔滨医科大学学术伦理委员会的认可, 参与本研究的志愿者和患者均签署了检查的知情同意书。

二、图像采集

采用荷兰 Philips Achieva 3.0 T TX MR 成像仪和 16 通道体部 Torso 线圈进行肝脏扫描。

107 例均采用单源和多源发射技术进行以下序列扫描: 频谱选择性衰减反转恢复 T₂WI (spectrally selective attenuated inversion recovery T₂WI, SPAIR T₂WI)、DWI (b 值 = 600 s/mm²), 以及平衡式快速场回波 (balanced-fast field echo, Balanced FFE) 序列。

将发射源 (RF) 和梯度 (GR) 关闭获得噪声图用于信噪比 (signal-to-noise ratio, SNR) 及对比噪声比 (contrast-to-noise ratio, CNR) 的计算。内部对照采用单次激发模式成像产生的图像。扫描参数见表 1。

三、数据分析

测量图像的均匀性、图像 SNR、CNR 以及对图像质量进行评分。选取肝脏面积最大的层面进行图像均匀性的测量, 包括肝左、右叶的肝实质层面, 图像的均匀性采用软件 (quantitative linear profile) 进行测量。SNR = 感兴趣区信号强度/噪声强度, CNR = (感兴趣区信号强度 - 邻近区域信号强度)/噪声强度。图像质量评分内容包括: 抗电阴影、呼吸伪影、胆管显示能力、图像均匀性、肝脏边缘锐利度及病灶检出能力。由 2 名副主任医师以上职称的放射科医师对图像质量进行盲评, 图像质量和驻波伪影评分标准为: 2.0 分, 非常好, 整个视野内对比均匀, 没有驻波伪影; 1.5 分, 好, 轻微的驻波伪影, 对于图像的解读没有影响; 1.0 分, 中等, 驻波伪影对图像的解读略有干扰; 0.5 分, 差, 明显的驻波伪影, 诊断结果不可靠; 0 分, 无法诊断。

四、统计学分析

采用 SPSS 13.0 统计学软件包对各组资料进行分析。采用 Student's *t* 检验比较单源和多源发射技术图像的均匀性与对比度, 采用 Wilcoxon 秩和检验比较两种技术图像质量的评分。采用 Kappa 检验比较读片者之间的诊断一致性。P < 0.05 为差异有统计学意义。

表 1 3.0 T TX MR 扫描不同序列单源和多源发射技术扫描参数

扫描序列	TR (ms)	TE (ms)	层厚 (mm)	间距 (mm)	矩阵	FOV (mm × mm)	扫描时间 (s)
SPAIR T ₂ WI 序列							
单源发射技术	816.0	80.0	8.0	0.8	172 × 432	310 × 310	72
多源发射技术	1199.0	80.0	8.0	0.8	172 × 432	310 × 310	72
DWI 序列							
单源发射技术	986.0	48.0	8.0	0.8	125 × 192	310 × 310	138
多源发射技术	986.0	48.0	8.0	0.8	125 × 192	310 × 310	138
Balanced FFE 序列							
单源发射技术	3.3	1.7	6.0	-1.0	287 × 288	350 × 350	23
多源发射技术	2.9	1.4	6.0	-1.0	287 × 288	350 × 350	20

注: SPAIR T₂WI: 频谱选择性衰减反转恢复 T₂WI; Balanced FFE: 平衡式快速场回波

结 果

107 例均完成了单源和多源发射技术对比扫描,对图像均匀性进行比较者 82 例,对 SNR 进行测量者 36 例,对 CNR 进行测量者 18 例,对图像总体质量进行评分者 76 例。

一、图像均匀性

采用单源和多源发射技术测量图像的均匀性分别为 418.40 ± 66.75 和 416.26 ± 50.61 ,多源发射技术图像均匀性优于单源发射技术(图 1~4),差异有统计学意义($t=2.524, P<0.05$)。

二、图像对比度

单源和多源发射技术测得的 SNR 分别为 20.36 ± 11.21 和 22.03 ± 12.16 , CNR 分别为 15.22 ± 8.95 和 18.33 ± 10.01 ,差异均有统计学意义(t 值分别为 -2.630 和 $-4.238, P$ 值均 <0.05)。多源发射技术图像对比度优于单源发射技术图像(图 5,6)。

三、图像质量评分

单源发射技术图像质量评分低分者占多数,多源发射技术图像质量评分高分者占多数(表 2)。SPAIR T₂WI 序列单源和多源发射技术图像质量评分分别为 (1.40 ± 0.42) 和 (1.81 ± 0.27) 分, DWI 序列分别为 (1.08 ± 0.46) 和 (1.63 ± 0.36) 分, Balanced FFE 序列分别为 (0.95 ± 0.45) 和 (1.65 ± 0.37) 分,多源发射技术图像质量在上述 3 个序列中均优于单源发射技术图像(Z 值分别为 $-5.894, -5.801$ 和 $-6.985, P$ 值均 <0.01) (图 7~12)。在对图像质量进行评分比较中,2 名评判医师之间的诊断一致性好($Kappa$ 值均 $>0.8, P$ 值均 <0.05)。

讨 论

随着场强的增加,质子的共振频率亦随之增加。由于人体自身的电导性和物理体积的限制,使用单通道容积发射线圈产生的射频脉冲激励,其射频场 B₁ 的分布并不均匀,导致图像对比度、均匀性等方

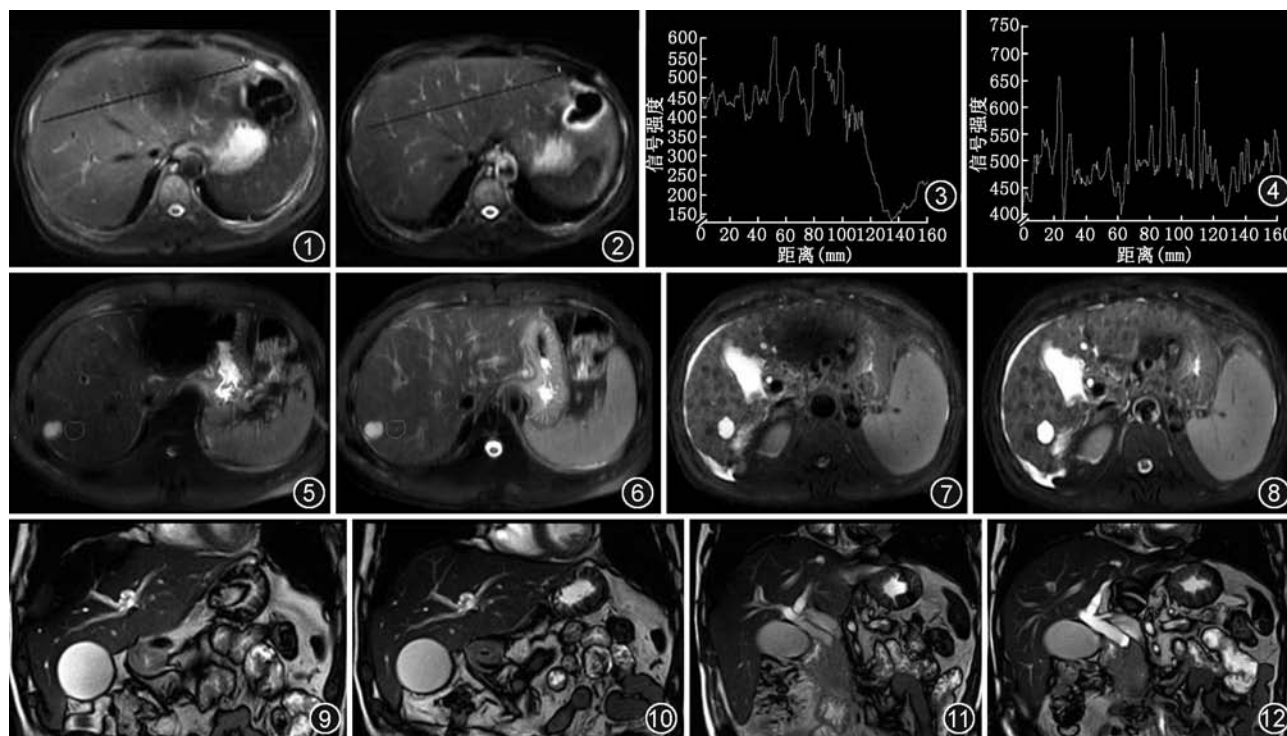


图 1~4 1 名志愿者行肝脏频谱选择性衰减反转恢复 T₂WI (SPAIR T₂WI) 序列成像单多源图像均匀性比较。图 1 和图 2 分别为肝脏单源和多源 SPAIR T₂WI;图 3 和图 4 中的曲线表示自线段(ROI)的一端至另一端范围内信号强度变化情况,图 3 示单源图像均匀性较差,曲线陡峭下降,图 4 示双源图像均匀性较好,曲线较图 3 平 图 5,6 肝右叶血管瘤患者。图 5 为肝脏单源 SPAIR T₂WI 图像,信噪比(SNR) = 18.35,对比噪声比(CNR) = 12.43;图 6 为肝脏多源 SPAIR T₂WI 图像,SNR = 26.92, CNR = 19.39。多源发射技术图像对比度优于单源发射技术图像 图 7,8 肝硬化、脾大、腹水患者。肝脏单源 SPAIR T₂WI 图像肝左叶抗电伪影严重,解剖结构无法显示(图 7),多源发射系统 SPAIR T₂WI 示图像的均匀性明显改善,消除了抗电阴影清晰显示肝左叶解剖细节(图 8) 图 9~12 胰头占位性病变患者。图 9 为肝脏单源平衡式快速场回波(Balanced FFE)序列图像无法显示胆管远端小分支;而肝脏多源 Balanced FFE 图像可以清晰显示胆管 3~4 级小分支(图 10);多源 Balanced FFE(图 12)较单源(图 11)能够提高胆管与血管之间的对比度,具有很强的胆管显示能力

表 2 不同序列单源和多源发射技术扫描图像质量评分(例)

评分	单源发射技术			合计	多源发射技术			合计
	SPAIR T ₂ WI 序列	DWI 序列	Balanced FFE 序列		SPAIR T ₂ WI 序列	DWI 序列	Balanced FFE 序列	
0.5	6	19	29	54	0	1	1	2
0.8	1	1	4	6	0	1	1	2
1.0	15	27	18	60	3	9	8	20
1.2	1	4	7	12	0	1	2	3
1.5	27	14	11	52	22	23	25	70
1.6	4	0	0	4	0	0	0	0
1.8	17	4	1	22	19	18	10	47
2.0	5	7	6	18	32	23	29	84
合计	76	76	76		76	76	76	

注:SPAIR T₂WI:频谱选择性衰减反转恢复 T₂WI;Balanced FFE:平衡式快速场回波

面的质量下降。对于目前常规应用的 MR 系统而言,射频脉冲角度的分布不均(抗电阴影)和局部高 SAR(热点),最终还限制了扫描速度。多源发射使用多个射频发射和接收链及并行线圈单元,可以极大的提高超高场 MR 中射频(B₁场)的均匀性。

一、提高图像均匀性及图像质量

抗电阴影和局部 SAR 限制成像速度是 3.0 T MR 腹部成像的主要技术问题。对于这类患者, TX 系统采用多个射频源并根据患者体型调整射频匀场,可以显著提高图像质量和改善图像均匀性。本研究结果显示多源图像均匀性优于单源,与 Andrews 等^[6]的研究结果一致。多源 MR 系统通过对于射频系统的优化发射实现高度均匀的射频场分布,由于射频发射源从一个增加到多个,每个射频源可以根据患者的体型来实时调整射频发射的参数,使得射频场可调整的自由度大大提高,产生更加均匀的射频场,从而提高了 B₁场的均匀性,抗电伪影可以得到彻底解决,病灶的检出率也显著提高,特别在大多数重要的解剖区域,如肝左叶、胰腺和肝右叶脊柱旁区及其后部。本研究结果显示,单源图像质量评分明显低于多源图像。由于射频场的分布更为均匀,SAR 的分布也更为均匀,不会产生热点现象,而热点现象正是制约 3.0 T 成像速度的关键原因之一,从而提高了扫描速度和安全性。

二、提高图像对比度

本研究结果显示,多源图像对比度明显高于单源图像,血管瘤边缘锐利度及清晰度均明显优于单源,且肝脏组织内结构多源显示清晰,单源显示模糊。Balanced-FFE 序列图像对比度决定于 T₂/T₁,对含水量较高的组织比较敏感,能有效提高水与其他组织的对比,血管及液体显示很高信号,能清楚显示腹腔大血管及胆道系统,即双管显示,组织结构显示

清晰,成像速度快,但磁敏感性高,易有条纹状磁化敏感伪影,磁场均匀度要求高。B₀场的改善减少了条状磁敏感伪影,多源射频发射技术改善了 B₁匀场的均匀性,从而改善了图像的均匀性和信噪比,提高了图像对比度;另外,多源 TR 较单源缩短,也减小了条状伪影,同时提高了扫描速度。

三、减少个体差异,提供高度一致的影像

在 3.0 T MR 临床检查时,由于患者体型的不同,产生的抗电伪影或者影像信号的表现也有很大的不同,造成了医师诊断时的不确定性。多源 MR 由于从根本上改善了射频场不均匀的问题,而且可以根据测定每例患者独有的射频场分布而自动确定射频脉冲的给予方案,通过射频波形、幅度、相位、能量等参数的改变,实现以患者为导向的射频激励技术,实现了高度一致的影像表现,增加了医师的诊断信心。

参 考 文 献

- [1] Hoult DI, Phil D. Sensitivity and power deposition in a high-field imaging experiment. *J Magn Reson Imaging*, 2000, 12:46-67.
- [2] Willinek WA, Gieseke J, Kukuk G, et al. Dual-source parallel radiofrequency excitation body MR imaging compared with standard MR imaging at 3.0 T: initial clinical experience. *Radiology*, 2010, 256:966-975.
- [3] Kukuk GM, Gieseke J, Weber S, et al. Lesion detectability on T₂-weighted liver imaging with parallel RF transmission at 3.0 Tesla: intraindividual comparison with conventional MR imaging. *Proc Int Soc Magn Reson Med*, 2010, 18: 559.
- [4] Kukuk GM, Gieseke J, Nelles M, et al. Clinical liver MRI at 3.0 Tesla using parallel RF transmission with patient-adaptive B₁ shimming. *Proc Int Soc Magn Reson Med*, 2009, 17:119.
- [5] Katscher U, Bornert P. Parallel RF transmission in MRI. *NMR Biomed*, 2006, 19:393-400.
- [6] Andrews T, Ghostine JS, Gonyea JV, et al. Reduction in dielectric shading in liver on clinical 3.0 T parallel transmission MR system. *Proc Intl Soc Mag Reson Med*, 2010, 18:2590.

(收稿日期:2010-11-18)

(本文编辑:张晓冬)