八次激发 SE-EPI 在肝脏 MRI 的应用

研究生展版・

郭友 胡道予 夏黎明 王承缘 邹明丽 丁晖 曾引华

【摘要】目的:比较八次激发 SE-EPI 与呼吸门控 FSE 及 SSFSE T₂ WI 在肝脏的应用。方法:对 14 例志愿者及 21 例 肝病患者行上腹部呼吸门控 FSE 及 SSFSE 和屏气八次激发 SE-EPI 扫描。所有 T₂ WI 序列均运用脂肪抑制技术。定量 分析肝脏、病灶的信噪比及肝脏-病灶的对比噪声比,评价各序列的图像质量及伪影。结果:八次激发 SE-EPI 与 SSFSE 及 FSE 在肝脏及病灶信噪比,肝脏-病灶对比度噪声比和图像质量方面无明显差别(P>0.05)。其磁敏感伪影较 FSE 及 SS-FSE 重(P<0.01),SE-EPI 化学位移伪影与 SSFSE 及 FSE 相比无明显差别(P>0.05)。SE-EPI 及 FSE 运动伪影明显比 SSFSE 重(P<0.01),但 SE-EPI 运动伪影与 FSE 相比无明显差别(P>0.05)。SE-EPI 与 FSE 及 SSFSE 的图像质量无明 显差别(P>0.05)。结论:八次激发 SE-EPI 能够在较短时间里提供较高质量的上腹部 T₂ WI。被检查者在扫描时可自由 平静呼吸或屏气,可作为肝脏 T₂ WI 的补充序列。

【关键词】 肝脏 磁共振成像 平面回波成像 【中图分类号】R445.2.R735.7 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2002)04-0358-04

Application of eight-shot SE-EPI sequence in the hepatic MRI GUO You, HU Daoyu, XIA Liming, et al. Department of Radiology, Tongji Hospital of Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030

[Abstract] Objective: To compare the performance of T_2 weighted eight-shot spin-echo version of echo planar imaging (SE-EPI), respiratory gating fast spin-echo (FSE) and single-shot fast spin echo (SSFSE) sequences for the detection of focal liver lesions. Methods: Breathhold eight-shot SE-EPI of the liver was evaluated in fourteen healthy volunteers and twenty-one patients, and the results were compared with respiratory-gating T_2 weithted FSE and SSFSE. The fat-suppression technique was used in each sequence. The signal-to-noise ratio (SNR) of the liver and lesion and the contrast-to-noise ratio (CNR) of the lesion-to-liver were quantitatively analyzed, and the overall image quality and artifacts were also qualitatively analyzed. Results: Quantitatively, SE-EPI, SSFSE and FSE sequences showed non-significant differences (P > 0.05) in liver/lesion CNR, SNR of liver and lesion, the overall image quality and chemical shift artifacts. Susceptibility artifacts on SE-EPI were more than SSFSE and FSE. There were fewer motion and ghost artifacts on SE-EPI images compared to FSE images (P < 0.05). Conclusion: Eight-shot SE-EPI of the liver can provide superior high quality T_2 weighted image in shorter acquisition times compared with respiratory-gating FSE and SSFSE. The patient can hold breath or respire freely during scanning. This technique may be useful in clinical application of hepatic MR imaging.

[Key words] Liver Magnetic resonance imaging Echo planar imaging (EPI)

在近十年内,MR在肝脏疾病的诊断中应用已相当广泛,快速及超快速序列大大提高了图像质量及诊断准确性。T₂WI为MR诊断提供了最重要的信息。腹部SE序列受各种生理运动如呼吸、心脏搏动及肠蠕动等产生的伪影的影响,因此,T₂WI 图像在相位编码方向上常出现模糊及伪影。为了减少这些伪影,可采用信号平均、屏气、呼吸触发技术、块预饱和及流动补偿等技术。目前,超快速成像序列平面回波成像(echo-Planarimaging,EPl)^[1-11]图像采集时间已达毫秒级,可明显减少运动 伪影,且可应用于功能成像。国外已有文献报道EPI在肝脏的 应用。本研究旨在对比分析八次激发SE-EPI与SSFSE及FSE 序列,以判断八次激发SE-EPI的临床应用价值。

材料与方法

MR 成像应用 GE 超导型 1.5T Signa CV/i 及 TORSOPA 线圈。14 例健康志愿者, 男 6 例, 女 8 例, 年龄 15~67 岁, 平均

年龄 31 岁;21 例肝脏病患者,男 15 例,女 6 例,年龄 17~77 岁,平均年龄 35 岁。其中原发性肝癌 12 例,胆管细胞癌 1 例, 肝转移瘤 3 例,血管瘤 4 例,肝脓肿 1 例,肝囊肿 5 例。所有被 检查者均行上腹部呼吸门控 FSE 及 SSFSE 和屏气 8 次激发 SE-EPI(TR 2 000ms, TE 50ms) 扫描,扫描 参数均为带宽 62.50,显示野 36cm×32cm,矩阵 128×256 ,激励次数 1,层厚 10mm,层间距 2mm。扫描全肝所用时间分别为 78s、30s、18s。 其中有 13 例还在自由呼吸状态下行 SE-EPI 检查,所有 T₂ WI 序列均运用脂肪抑制技术。

图像定性分析:三位有经验的 MR 诊断医师盲法分析各种 序列的图像质量,主要包括图像信噪比及分辨率、运动伪影、磁 敏感伪影、化学位移伪影。采用四等分法评估运动伪影、磁敏 感伪影及化学位移伪影(0 无伪影;1 轻度伪影;2 中度伪影;3 重度伪影)。图像总体质量从肝内血管显示,解剖结构是否清 楚及病灶检出率三个方面分析,然后根据四等分法判定其等级 (0 优秀;1 好;2 一般;3 差)。同时判定图像脂肪抑制是否成 功。记录每一序列检出病灶的数目及大小、范围。每一图像均 在 MR 检查的当天认真分析。采用 H 检验进行统计学分析,设 定可信区间 P 为 0.05。

作者单位:430030 武汉,华中科技大学同济医学院附属同济医院 放射科 作者简介:郭友(1974~),男,湖北宜昌人,硕士,主要从事 MRI和 CT临床诊断及研究。



定量分析包括计算:①肝脏及病灶 SNR;②肝-病灶 CNR。 统计学分析采用配对 t 检验。所有序列均采用圆形兴趣区(直径 1.5cm)测量肝及最大病灶的信号强度,在相位编码方向上测量 腹壁外的背景信号标准差。根据下列公式计算 SNR 和 CNR。

SNR=SIa/SD

CNR=(SIa-SIb)/SD (SI代表信号强度,SD代表背景信号标准差)

结 果

定性分析结果表明 SE-EPI 磁敏感伪影程度明显较 SSFSE 及 FSE 重($\chi^2 = 14.28 \ \pi 17.49$, P < 0.01)(图 2~5)。SE-EPI 化学位移伪影与 SSFSE 及 FSE 相比无明显差别($\chi^2 = 0 \ \pi 5.49$, P > 0.05)。SE-EPI 及 FSE 运动伪影明显比 SSFSE 重($\chi^2 = 20.33 \ \pi 14.36$, P < 0.01), 但 SE-EPI 运动伪影与 FSE 相比无明显差别($\chi^2 = 2.49$, P > 0.05)。SE-EPI 与 FSE 及 SSFSE 的图像质量无明显差别($\chi^2 = 7.51 \ \pi 6.99$, P > 0.05)。

定量分析结果表明 SE-EPI 提供较高的肝脏及病灶 SNR 和肝脏-病灶 CNR(图 2~5)。SE-EH 与 SSFSE 及 FSE 在肝脏 及病灶 SNR 和肝脏-病灶 CNR 方面无明显差别(*t*=0.314、 0.031、0.020、0.039、0.001 和 0.002,*P*>0.05)(表 1)。

表1 不同列 T₂WI 中 SNR 及 CNR 测量结果

| | SE-EPI | SSFSE | FSE |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|
| SNR病灶 | 26.46 ± 20.93 | 38.38 ± 18.38 | 52.32 ± 24.69 |
| SNR肝病 | 14.30 ± 11.43 | 16.79 ± 13.21 | 18.44 ± 9.47 |
| CNR病灶 | 12.16 ± 13.89 | 21.42 ± 16.97 | 31.10 ± 23.61 |
| | | | |

图1 健康男性,27岁。八 次激发 SE-EPI 在自由呼吸 状态下扫描,其图像质量达 到诊断标准。

图 2 男,36岁,肝转移瘤。 a)为 FSE T₂WI; b)为 EPI; b)中肠道磁敏感伪影较 a) 重。

图 3 女,33岁,血管瘤。 a)为FSE T₂WI; b)为EPI。 二者在图像质量及病变的 显示能力方面无明显差别, 但上腹部各器官解剖结构 在EPI显示清楚,而FSE则 略显模糊并有运动伪影。

图 4 男,44岁, F VI 段 原发性肝癌(→)。a)为 FSE T₂WI; b)为 EPI,临近 肠道的肝脏及病灶未见变 形。 图 5 女,55岁, FF Ⅲ段原发性肝癌。a)为 FSE T₂WI; b)为 EPI,近膈 肝脏及病灶未见变形。

讨论

在肝脏各种的 MR 序列中, T₂ WI 为检出病灶及定性提供 了最重要的诊断信息。常规 SE T₂ WI 已普遍应用于腹部 MR 成像,尽管它有较高的 SNR 及 CNR,但由于其成像时间过长, 从而导致严重呼吸伪影及鬼影。FSE T₂ WI 明显缩短成像时 间,并可结合屏气或呼吸门控技术,大大减少了运动伪影。其 T₂ 对比与 SE 序列相近。文献报道呼吸门控 FSE 已证明能够 提供比 SE T₂ WI 更好的图像质量,而且扫描时间相对短,目前 呼吸门控 FSE T₂ WI 已成为上腹部 T₂ WI 常规扫描序列^[4,12]。

SSFSE 是在 1 个 90°射频脉冲后用一系列 180°脉冲采集所 有的回波信号,填充整个 K 空间。实际上是弛豫增强快速采集 (rapid acquisition with relaxation enhancement, RARE)的极端 表现形式。该序列单层采集时间不到 1s,即便不能屏气也几乎 没有运动伪影^[13,14]。另外,由于利用 180°脉冲采集信号,它对 磁场的不均匀性不敏感;由于相位编码梯度频带较宽,因而化 学位移伪影很轻。因此,SSFSE 可以说是伪影最少,或者说是 几乎没有伪影的超快速 T₂WI 序列。但该序列中一些小的实性 病变由于 T₂ 滤过效应易被遗漏^[1]。

EPI 是迄今为止成像速度最快的扫描序列。EPI 所得到的 图像及其对比主要决定于预脉冲序列,EPI 与 SE 序列相结合 即 SE-EPI 可获得 T₂WI 图像。它是在 1 个 90°脉冲激发后由 1 个 180°脉冲采集 1 个自旋回波,填充 K 空间中央,然后利用梯 度场的快速切换,采集全部梯度回波,填充 K 空间的其余部 分^[6]。根据激发次数可分为单次激发和多次激发 EPI。单次激 发 SE-EPI 不存在运动相关部分容积效应,获得的图像为较纯 的 T₂WI,因而组织对比较好,但空间分辨率及 SNR 较低,偏共 振效应较重。由于高的反转梯度还可刺激外周神经兴奋。多 次激发 EPI 成像速度较单次激发慢,激发次数越多,成像时间 相对越长,但仍比其他脉冲序列如 FSE、SSFSE 快。其 SNR 较 高,能采用较大矩阵,因而空间分辨率高,磁敏感伪影较轻,但 不能完全剔除 T₁ 对图像对比的影响。多次激发 EPI 较之单次 激发 EPI 的主要优势是对设备要求低且图像质量好。

为了在相对短的时间内(被检查者耐受允许的情况下)获 得高质量的肝脏 SE-EPI^[7,8],本实验采用八次激发 SE-EPI,扫 描整个肝脏需 18s,被检查者屏气完全能够耐受。从检查结果 分析来看 SE-EPI 肝脏及病灶的 SNR,病灶与肝脏的 CNR 及总 体图像质量与 FSE 及 SSFSE 无显著性差异,其诊断价值与 FSE 及 SSFSE 相当。有关文献^[1,9]在对比分析多次激发 SE-EPI 与其他肝脏 T₂WI 时,结论各不相同,其原因可能与扫描参 数如 TR,取样带宽及矩阵不同有关。因为纵向磁化矢量恢复 的程度取决于 TR 及组织的 T₁ 值,T₁ 一定时,TR 越长,检测到 的信号越多,图像对比度越高。取样带宽越窄,图像的 SNR 越 高,但偏共振效应越重。而矩阵与图像的空间分辨率有关。

本研究中有 13 例(13/35)被检查者在 SE-EPI 检查时采用 完全相同的扫描参数,在屏气与自由平稳呼吸两种状态下扫 描,所获得图像由三位有经验的 MR 诊断医师盲法分析。10 例 (10/13)自由平稳呼吸图像足以达到图像诊断标准(图 1),其呼 吸运动伪影与 FSE 运动伪影无明显差别 0。3 例自由平稳呼吸 EPI 图像明显较屏气 EPI 差。3 例屏气 EPI 图像伪影较自由呼 吸重,图像质量下降。平稳呼吸 EPI 与屏气 EPI 总体图像质量 无明显差异(P>0.05)。屏气 EPI 图像较差的原因可能是患者 屏气不完全所致。另外有 4 例不合作或不能耐受检查者让其 自由呼吸,其中有 2 例 EPI 图像达到诊断标准。故建议在 SE-EPI 扫描时先让患者自由平稳呼吸扫描,如果图像伪影较重,可 选择屏气扫描,以取二者之最佳。

EPI应用非常小的相位编码梯度,它对磁场不均匀的敏感 性较高,因而易出现磁敏感伪影和化学位移伪影,这些伪影均 出现在相位编码方向上而不同于常规脉冲序列频率编码方向 上的伪影^[7,9]。本研究中各序列图像的伪影严重程度及图像质 量与文献报道基本相符,邻近胃肠道及肺的肝脏和病灶未见明 显变形(图4、5)。为了减少这些伪影,本研究中各 EPI 序列采 用短的 TE,选择合适的带宽以减少伪影并兼顾图像的 SNR。 必要时改变频率及相位编码方向。

本研究没有将单次激发、两次激发 SE-EPI 与八次激发 EPI 对比分析研究。一些文献报道^[5,9],单次激发 SE-EPI 对肝脏局 灶性病变诊断并不理想,其最主要的原因是磁敏感伪影重。从 我们初步获得的经验来看,单次激发 SE-EPI 磁敏感伪影较多 次激发重,尤其是在肝顶部。

综上所述,八次激发 SE-EPI 能够提供较高质量 的上腹部 T₂ WI。因其高的 SNR 及 CNR,成像时间短,运动伪影少,被检查 者扫描时可自由平静呼吸或屏气,可作为肝脏 T₂ WI 补充序列。

参考文献

- 1 Hori M, Murakami T, Kim T, et al. Single breath-hold T₂-weighted MR imaging of the liver: value of single-shot fast spin-echo and multishot spin-echo echoplanar imaging [J]. AJR, 2000, 174 (5): 1423-1431.
- 2 Gaa J, Hatabu H, Jenkins RL, et al. Liver masses; replacement of conventional T₂-weighted spin-echo MR imaging with breathhold MR imaging[J]. Radiology, 1996, 200(2); 459-464.
- 3 Yamashita Y, Tang Y, Takahashi M, Ultrafast MR imaging of the abdomen; echoplanar imaging and diffusion-weighted imaging [J]. Magn Reson Imaging, 1998, 8(2): 367-374.
- 4 Yamakado K, Sakuma H, Murashima S, et al. Comparison of breathhold multishot echo-planar and respiratory triggered fast-spin-echo sequences for T₂ weighted MRI of liver lesions [J]. Magn Reson Imaging, 1998, 8(2): 432-437.
- 5 Saini S, Reimer P, Hahn PF, et al. Echoplanar MR imaging of the liver in patients with focal hepatic lesions: quantitative analysis of images made with various pulse sequences[J]. AJR, 1994, 163(6); 1389-1393.
- Edelman RR, Wielopolski P, Schmitt F, Echo-planar MR imaging
 [J]. Radiology, 1994, 192(3):600-612.
- 7 Reimer P, Saini S, Hahn PF, et al. Clinical application of abdominal echoplanar imaging (EPI): optimization using a retrofitted EPI system[J]. J Comput Assist Tomogr, 1994, 18(5):673-679.
- 8 Reimer P, Saini S, Hahn PF, et al. Techniques for high-resolution echo-planar MR imaging of the pancreas [J]. Radiology, 1992, 182 (1):175-179.
- 9 Papanikolaou N, Moulopoulos LA, Gouliamos A, et al. Compariso of dual spin echo planar imaging (SE-EPI), turbo spin echo with fat suppression and conventional dual spin echo sequences for T₂weighted MR imaging of focal liver lesions[J]. Magn Reson Imaging. 2000,18(6):715-719.
- 10 Abe Y. Yamashita Y. Tang Y. et al, Spin-echo echo-planar MR imaging of hepatocellular carcinoma arising from chronic liver damage: comparison with turbo spin-echo imaging[J]. Comput Medi Imaging Graphics, 2000, 24(1); 43-48.
- 11 Ichikawa T, Araki T. Fast magnetic resonance imaging of liver[J].
 Eur J Radiol. 1999.29(3):186-210.
- Outwater EK, Mitchell DG, Vinitski S. Abdominal MR imaging;
 evaluation of a fast spin-echo sequence [J]. Radiology, 1994. 190
 (2): 425-429.
- Tang Y, Yamashita Y, Takahashi M. Ultrafast T₂-weighted imaging of the abdomen and pelvis; use of single shot fast spin-echo imaging [J]. Magn Reson Imaging, 1998, 8(2); 384-390.
- 14 Tang Y, Yamashita Y, Namimoto T, et al. Liver T₂-weighted MR imaging; comparison of fast and conventional half-Fourier singleshot turbo spin-echo, breath-hold turbo spin-echo and respiratorytriggered turbo spin-echo sequences[J]. Radiology, 1997, 203(3); 766-772.

(2001-12-14 收稿 2002-02-27 修回)