

TSE 和 HASTE 序列在上腹部 T₂WI 中的应用对比

夏春潮, 李真林, 陈宪, 孙家瑜, 李昌宪, 宋彬

【摘要】 目的:评价磁共振 TSE 序列和 HASTE 序列在上腹部 T₂WI 的应用价值,了解其各自的特点及临床应用价值。**方法:**使用 Siemens Magnetom Avanto 1.5T 磁共振成像仪对 36 例行上腹部 MRI 检查的患者分别行 T₂W-TSE-trigger、T₂W-TSE-bh、T₂W-HASTE-trigger 和 T₂W-HASTE-bh 扫描。由两位有丰富经验的高年资医生单独评价 4 组图像运动伪影,肝内外脉管显示的清晰度及图像的整体质量,并对结果进行统计学分析和处理。**结果:**4 种成像序列的相对信噪比差异无统计学意义($F=1.388, P=0.259$),但 4 种图像的呼吸运动伪影、肝内外血管显示及整体图像质量之间差异均有显著性意义。T₂W-TSE-trigger 序列肝内外血管显示优于其余 3 种方法($P=0.000\sim 0.001$);T₂W-TSE-trigger 的整体图像质量好于其余 3 种方法($P=0.001\sim 0.022$);T₂W-HASTE-trigger 组中图像的运动伪影最少,要好于其他 3 种方法($P=0.005\sim 0.025$)。**结论:**HASTE 序列可以更好地抑制运动伪影,但 T₂W-TSE-trigger 序列可得到较高的图像质量,同时对肝脏的解剖结构和细节的显示有一定的帮助。

【关键词】 磁共振成像;肝;对比研究

【中图分类号】 R575; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2012)06-0665-04

Comparison of TSE and HASTE T₂WI sequences in upper Abdomen study XIA Chun-chao, LI Zhen-lin, CHEN Xian, et al. Department of Radiology, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, P. R. China

【Abstract】 Objective: To compare free-breathing, navigator triggered T₂-weighted turbo spin-echo sequence (T₂W-TSE-trigger) and half-fourier acquisition single-shot turbo spin-echo pulse sequences (HASTE) in upper abdomen study and evaluate their characteristics and clinical application. **Methods:** Thirty-six consecutive patients underwent the 1.5T MRI examinations using T₂W-TSE-trigger, T₂W-TSE-bh, T₂W-HASTE-trigger and T₂W-HASTE-bh sequences. Images quality were qualitatively evaluated by two radiologists regarding motion artifacts, depiction of intrahepatic and extrahepatic vessels on a four-point scale and analyzed. **Results:** The CNR was not significant different ($F=1.388, P=0.259$), but the depiction and sharpness of intra-hepatic and extra-hepatic vessels were significantly improved ($P=0.000\sim 0.001$) using T₂W-TSE-trigger when compared to T₂W-TSE-bh and T₂W-HASTE sequences. The image quality of T₂W-TSE-trigger sequence was better than the other three sequences ($P=0.001\sim 0.022$). The motion artifacts from respiration and pulsation on the T₂W-HASTE images were better controlled than other three sequences ($P=0.005\sim 0.025$). **Conclusions:** HASTE can minimized the respiratory movement artifacts in T₂W imaging of the upper abdomen. T₂W-TSE-trigger has the best image quality to image the structure and its details.

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

随着磁共振软硬件技术的发展,高场 MRI 有更高的信噪比及新序列,使其在肝脏病变的诊断中越来越重要。上腹部受呼吸运动、血管搏动、心脏跳动和肠道蠕动等影响,特别是在 T₂WI 上,合理利用各序列的特点可以提高病变的检出率。本文分析 Trigger 门控和屏气快速自旋回波(turbo spin-echo, TSE)T₂ 加权序列及 Trigger 门控和屏气半傅立叶采集单次激发快速自旋回波(half-Fourier acquisition single-shot turbo spin-echo, HASTE)T₂ 加权序列对肝脏解剖结构和病变的显示情况。

材料与方法

1. 临床资料

2010 年 5 月~2011 年 7 月,对 36 例临床疑似上腹部病变(11 例肝脏占位,20 例结石,5 例上腹部不适)的患者进行 MRI 检查,其中男 21 例,女 15 例,年龄 22~80 岁,平均 49 岁。扫描前告知患者整个检查过程,并对患者进行均匀呼吸和屏气训练,符合要求后再进行扫描。

2. 扫描方法

使用 Siemens Magnetom Avanto 1.5T 磁共振成像仪及其配备的 Matrix 相控阵线圈对患者进行扫描。患者仰卧位,头先进。扫描序列及参数如下(表 1)。

3. 图像处理及评价方法

在 Leonardo 工作站上,用大小为 0.2cm² 的兴趣区测量 3 个不同的区域的平均值(肝脏和脾脏的上、中、下部)算出肝脏和脾脏的平均信号强度。计算公式(1):

$$\text{肝脾相对信噪比} = \frac{\text{肝脏平均信号强度} - \text{脾脏平均信号强度}}{\text{肝脏平均信号强度} + \text{脾脏平均信号强度}}$$

作者单位: 610041 成都,四川大学华西医院放射科

作者简介:夏春潮(1982-),男,浙江金华人,技师,主要从事医学影像技术工作。

通讯作者:李真林, E-mail: lzld01@126.com

表 1 T₂W-TSE 和 T₂W-HASTE 序列的参数表

参数	T ₂ W-TSE-trigger	T ₂ W-TSE-bh	T ₂ W-HASTE-trigger	T ₂ W-HASTE-bh
TR(ms)	2000	3500	2000	900
TE(ms)	88	86	79	82
层厚(mm)	7	7	7	7
间隔(mm)	1.4	1.4	1.4	1.4
FOV(mm)	380×285	380×363	380×285	380×380
矩阵	384×207	320×260	320×194	320×304
翻转角(°)	150	150	150	150
Turbo factor	11	29	194	304
带宽	260	260	473	411
脂肪抑制技术	SPAIR	SPAIR	SPAIR	SPAIR
触发方式	Trigger	No	Trigger	No
并行采集技术	Ipat	Ipat	Ipat	Ipat
激励次数	1	1	1	1
扫描时间	2:02	0:35	1:20	0:18

由两位经验丰富的磁共振诊断医生分别对所获得的图像进行评价和分析,分析 4 组图像的呼吸运动伪影,肝内外脉管显示的清晰度及整体图像质量。呼吸运动伪影评价标准:1=无伪影,2=轻微伪影,3=中等伪影,4=严重伪影;肝内外血管显示的清晰度的评价标准:1=清晰,2=轻微模糊,3=中等模糊,4=非常模糊;整体图像质量的评价标准:1=优,2=良,3=中,4=差。

4. 统计分析

采用 SPSS 15.0 软件,计量资料采用均数±标准差表示($\bar{x} \pm s$),多组均数比较使用单因素方差分析(one way ANOVA),两两组间比较采用 SNK 法。对不同序列成像对图像质量的影响(包括整体图像质量、肝内血管显示及呼吸运动伪影)使用等级资料秩和检验(多组比较采用 Kruskal Wallis H 检验,组间比较采用 Mann-Whitney U 检验)。对两位医师的不同评价采用观察者内一致性检验(加权 Kappa 分析),并计算 kappa 值($\kappa \leq 0.4$,差; $0.4 < \kappa \leq 0.6$,一般; $0.6 < \kappa \leq 0.8$,好; $\kappa > 0.8$,优)。 $P < 0.05$ 认为差异具有统计学意义。

结 果

1. 图像质量评价

所有受检者均成功完成 4 种序列的上腹部成像检查,无相关不良反应或并发症出现。36 例受检者中按照不同成像序列所获得的图像质量评价见表 2。统计分析表明 T₂W-TSE-trigger 的图像质量高于 T₂W-TSE-bh、T₂W-HASTE-trigger 及 T₂W-HASTE-bh 比较

($Z = -3.480, P = 0.001; Z = -2.753, P = 0.014; Z = -2.284, P = 0.022$); T₂W-HASTE-bh 和 T₂W-HASTE-trigger 相比图像质量相当,差异无统计学意义($Z = -1.753, P = 0.080$);而 T₂W-TSE-bh 的整体图像质量要比其他成像稍差(图 1)。关于图像质量的评价,两位观察者之间的一致性结果为优($\kappa = 0.86$)。

表 2 36 例受检者采用不同成像序列扫描的图像质量评价 (例)

组别	整体图像质量			
	优秀 (1 级)	良好 (2 级)	中等 (3 级)	差 (4 级)
T ₂ W-TSE-trigger	16	14	6	0
T ₂ W-TSE-bh	4	15	17	0
T ₂ W-HASTE-trigger	6	25	5	0
T ₂ W-HASTE-bh	5	23	8	0
合计	31	77	36	0

注:多组比较 Kruskal Wallis H test, $H = 16.2, P = 0.001$ 。组间比较 Mann-Whitney U test: T₂W-TSE-trigger 和 T₂W-TSE-bh、T₂W-HASTE-trigger、T₂W-HASTE-bh 比较($Z = -3.480, P = 0.001; Z = -2.753, P = 0.014; Z = -2.284, P = 0.022$); T₂W-TSE-bh 和 T₂W-HASTE-trigger、T₂W-HASTE-bh 比较($Z = -2.661, P = 0.008; Z = -2.922, P = 0.055$); T₂W-HASTE-trigger、T₂W-HASTE-bh 比较($Z = -0.818, P = 0.414$)。

另外, T₂W-TSE-trigger 和 T₂W-TSE-bh、T₂W-HASTE-trigger、T₂W-HASTE-bh 4 种成像序列的相对信噪比分别为 0.402 ± 0.095 、 0.397 ± 0.081 、 0.377 ± 0.076 、 0.368 ± 0.075 ,方差分析显示差异无统计学意义($F = 1.388, P = 0.259$),SNK 法两两组间比较显示差异无统计学意义($P > 0.05$)。

2. 肝内外血管显示评价

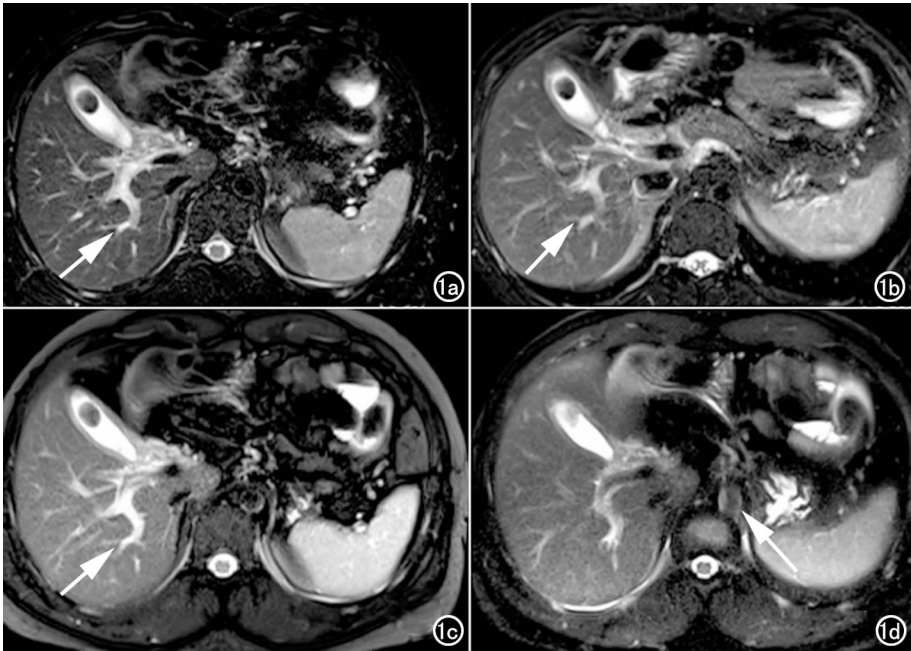


图 1 胆囊结石患者。a) T₂W-TSE-trigger 肝内外血管显示清晰,边界清楚(箭),未见运动伪影,图像质量优; b) T₂W-TSE-bh 肝内外血管显示欠佳,可见轻微运动伪影(箭),图像质量欠佳; c) T₂W-HASTE-trigger 肝内外血管显示清晰图像清晰,边界欠佳,未见运动伪影,图像质量欠佳; d) T₂W-HASTE-bh 肝内外血管显示欠佳,血流伪影明显(箭),未见运动伪影,图像质量欠佳。

36 例受检者中不同成像序列相应图像肝内外血管显示评价见表 3。

组别	肝内外血管显示			
	优秀 (1 级)	良好 (2 级)	中等 (3 级)	模糊 (4 级)
T ₂ W-TSE-trigger	17	12	4	3
T ₂ W-TSE-bh	4	15	11	6
T ₂ W-HASTE-trigger	2	12	22	0
T ₂ W-HASTE-bh	2	10	24	0
合计	25	49	61	9

注：多组比较 Kruskal Wallis H test ($H=22.371, P<0.001$)。组间比较 Mann-Whitney U test: T₂W-TSE-trigger 和 T₂W-TSE-bh、T₂W-HASTE-trigger、T₂W-HASTE-bh 比较 ($Z=-3.291, P=0.001$; $Z=-3.887, P=0.000$; $Z=-4.085, P=0.000$); T₂W-TSE-bh 和 T₂W-HASTE-trigger、T₂W-HASTE-bh 比较 ($Z=-0.403, P=0.687$; $Z=-0.724, P=0.469$); T₂W-HASTE-trigger、T₂W-HASTE-bh 比较 ($Z=-0.454, P=0.650$)。

其中 T₂W-TSE-trigger 和 T₂W-TSE-bh、T₂W-HASTE-trigger、T₂W-HASTE-bh 比较,肝内外血管显示明显好于其余 3 种序列 ($Z=-3.291, P=0.001$; $Z=-3.887, P=0.000$; $Z=-4.085, P=0.000$, 图 2)。T₂W-TSE-bh、T₂W-HASTE-trigger、T₂W-HASTE-bh 对肝内血管的显示差异无统计学差异 (P

值 >0.05)。关于肝内外血管显示的评价,两位观察者之间的一致性结果为优($\kappa=0.89$)。

3. 图像伪影评价

36 例受检者中不同成像序列相应图像伪影评价见表 4。

组别	呼吸运动伪影			
	无 (1 级)	轻微 (2 级)	中等 (3 级)	严重 (4 级)
T ₂ W-TSE-trigger	13	16	4	3
T ₂ W-TSE-bh	4	15	12	5
T ₂ W-HASTE-trigger	22	12	2	0
T ₂ W-HASTE-bh	21	13	2	0
合计	60	56	20	8

注：多组比较 Kruskal Wallis H test ($H=34.1, P<0.001$)。组间比较 Mann-Whitney U test: T₂W-TSE-trigger 和 T₂W-TSE-bh、T₂W-HASTE-trigger、T₂W-HASTE-bh 比较 ($Z=-2.828, P=0.005$; $Z=-2.367, P=0.018$; $Z=-2.183, P=0.029$); T₂W-TSE-bh 和 T₂W-HASTE-trigger、T₂W-HASTE-bh 比较 ($Z=-4.959, P=0.001$; $Z=-4.848, P=0.001$); T₂W-HASTE-trigger、T₂W-HASTE-bh 比较 ($Z=-0.222, P=0.824$)。

其中 T₂W-HASTE-trigger 组中图像伪影最少,要好于 T₂W-TSE-trigger ($Z=-2.367, P=0.018$, 图 3)。由表 4 可见 HASTE 序列所产生的伪影相对

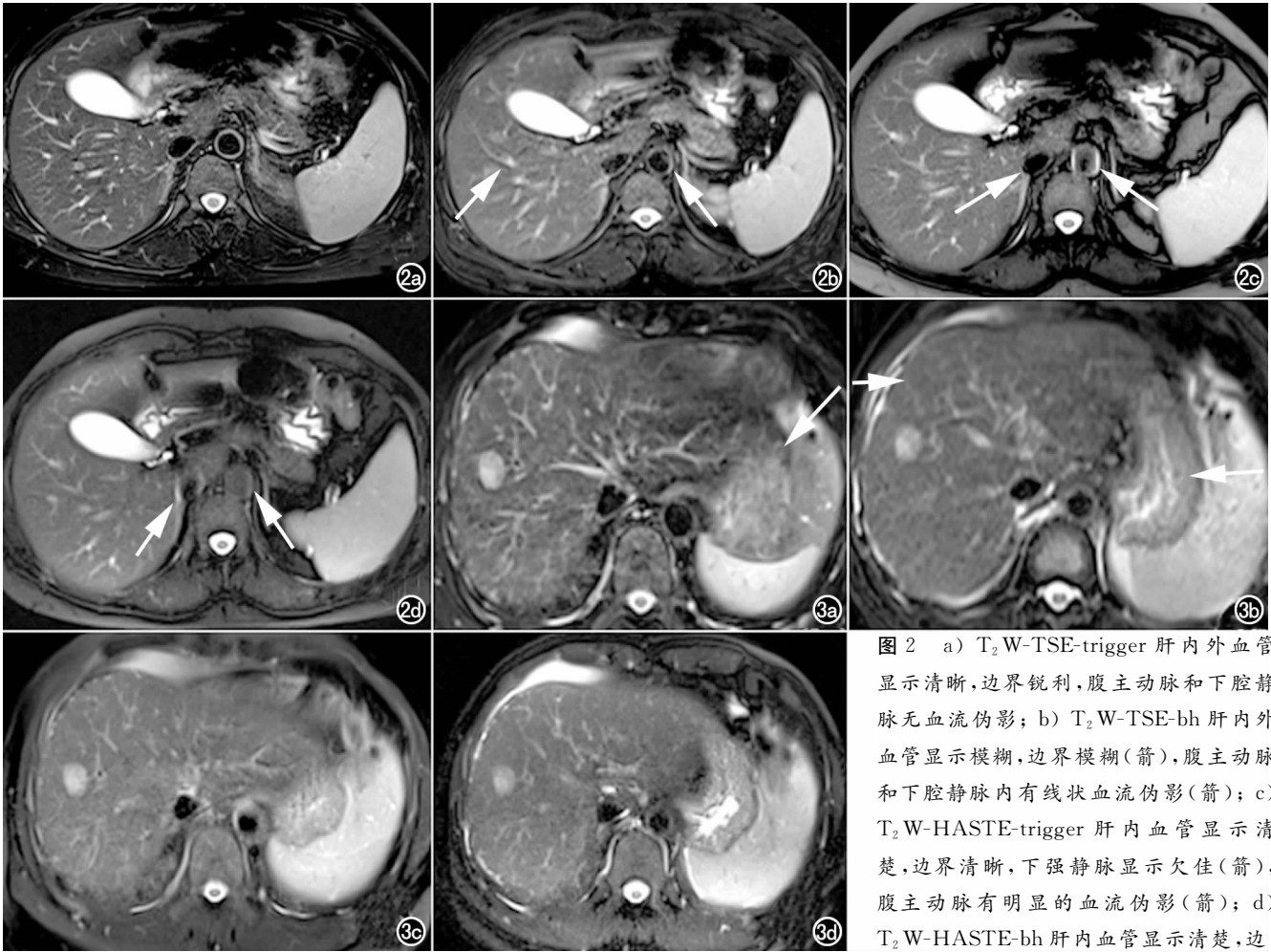


图 2 a) T₂W-TSE-trigger 肝内外血管显示清晰,边界锐利,腹主动脉和下腔静脉无血流伪影; b) T₂W-TSE-bh 肝内外血管显示模糊,边界模糊(箭),腹主动脉和下腔静脉内有线状血流伪影(箭); c) T₂W-HASTE-trigger 肝内血管显示清楚,边界清晰,下腔静脉显示欠佳(箭),腹主动脉有明显的血流伪影(箭); d) T₂W-HASTE-bh 肝内血管显示清楚,边

界清晰,腹主动脉和下腔静脉有严重的血流伪影(箭)。图 3 a) T₂W-TSE-trigger 图像有轻微的运动伪影,胃壁显示模糊(箭); b) T₂W-TSE-bh 图像有相对比较明显的呼吸运动伪影(箭),胃壁显示模糊(箭); c) T₂W-HASTE-trigger 图像未见运动伪影; d) T₂W-HASTE-bh 图像未见运动伪影。

TSE 序列少,尤其是 TSE 序列不采用呼吸门控时的图像伪影最大, T_2W -TSE-bh 和 T_2W -TSE-trigger、 T_2W -HASTE-trigger、 T_2W -HASTE-bh 比较 ($Z = -4.959, P = 0.001; Z = -4.848, P = 0.001$) 显示差异均有统计学意义。关于图像运动伪影的评价,两位观察者之间的一致性结果为优 ($\kappa = 0.88$)。

讨 论

MRI 具有多参数成像、较高的软组织分辨力和无辐射等特点,成为评价肝脏疾病的主要影像学手段。MRI 应用于肝脏检查以来,运动伪影一直是比较严重的问题^[1],特别是在 T_2WI 上^[2],其中呼吸运动、胃肠蠕动对图像质量的影响最为明显。一些研究认为 HASTE 序列可以取代常规的 T_2W 序列^[3-6]。但是由于 HASTE 序列是单次激发半傅立叶采集的快速自旋回波序列,在一次 90° 激发脉冲后,连续使用多个 180° 聚焦脉冲,采集一系列的回波信号,根据 K 空间共轭对称的特点,采集略多余 $1/2$ K 空间的数据,算出另一半的 K 空间的数据,丢失了图像的组织对比度和信噪比^[7],不过其成像速度很快,单层成像时间不到 1s,对呼吸运动也不敏感,对于不能均匀呼吸又不能屏气的患者是一个很好的选择。

常规 SE- T_2W 序列有很好的信噪比和病灶对比,但扫描时间长,而且呼吸运动造成的伪影降低了图像质量,影响病变的检出。TSE 序列是在 1 个 90° 脉冲激发后连续采集多个回波,明显缩短了信号采集时间,适当回波链的 TSE- T_2W 序列图像的对比接近 SE 序列,采集时间由数分钟减少到 1 分钟左右,为了减少呼吸伪影一种是采用的呼吸门控或呼吸激发技术,不仅增加了扫描时间,而且在不少患者伪影的抑制效果并不理想^[8-10]。另一种是增加回波链的长度(回波链长度多达 29),为了使 T_2W -TSE 可以在 1~2 次屏气完成全肝的信号采集,但由于连续多个 180° 脉冲造成的磁化转移效应,影响病变与肝脏的对比,影响实性病变特别是小病变的检出。本研究采用 Trigger 门控技术来避免或减少运动伪影。

Trigger 门控技术最早使用在心脏成像中,为了减少心脏的运动伪影。Trigger 门控其实是一个低分辨率、小翻转角的梯度回波导航序列,获得二维的导航图的时间大约只需要 $100 \sim 150ms$ 。这样就能确保避免产生磁化饱和效应,以致使图像中不会出现黑线的干扰,此技术不需要安装额外的设备,只需把导航条放置在右侧隔顶处,一半覆盖在肺部,一半覆盖在肝脏上,用以检测膈肌的运动。通过 4~5 个呼吸运动周期计算出膈肌相对固定的位置,比呼吸门控更直接的反应肝脏的位置。如果患者在扫描过程中保持均匀的自由

呼吸,就能确保整个数据采集过程中肝脏处于同一个位置。

影响 T_2W -TSE-trigger 门控序列的主要因素是患者要在整个序列采集过程中患者自由呼吸的情况。如果采集过程中出现呼吸幅度不一致,就会出现重新校正。如果校正后的膈肌位置和先前的一致,图像不会出现伪影;校正后的膈肌触发位置和原先的不一致,就出现运动伪影,使图像模糊,因此扫描前要对患者的自由呼吸进行严格的训练。

本研究的不足之处在于纳入的所有病例扫描前都进行均匀自由呼吸和屏气的训练,本研究中出现了 3 例严重的伪影,1 例是大量腹水的患者,另 2 例是患者自由呼吸幅度严重不一致导致的,此外研究病例数量还比较少,尚需要进行更大样本量的研究。

参考文献:

- [1] Low RN, Alzate GD, Shimakawa A. Motion suppression in MR imaging of the liver: comparison of respiratory-triggered and non-triggered fast spin-echo sequences[J]. AJR, 1997, 168(1): 225-231.
- [2] Wang Y, Rossman PJ, Grimm RC, et al. Navigator-echo-based real-time respiratory gating and triggering for reduction of respiration effects in three-dimensional coronary MR angiography[J]. Radiology, 1996, 198(1): 55-60.
- [3] Helmberger TK, Schroder J, Holzknecht N, et al. T_2 -weighted breathhold imaging of the liver: a quantitative and qualitative comparison of fast spin echo and half Fourier single shot fast spin echo imaging[J]. MAGMA, 1999, 9(1): 42-51.
- [4] Ehman RL, McNamara MT, Pallack M, et al. Magnetic resonance imaging with respiratory gating, techniques and advantages[J]. AJR, 1984, 143(6): 1175-1182.
- [5] Yu JS, Kim KW, Kim YH, et al. Comparison of multishot turbo spin echo and HASTE sequences for T_2 -weighted MRI of liver lesions[J]. J Magn Reson Imaging, 1998, 8(5): 1079-1084.
- [6] Nakayama Y, Yamashita Y, Matsuno Y, et al. Fast breath-hold T_2 -weighted MRI of the kidney by means of half-fourier single-shot turbo spin echo: comparison with high resolution turbo spin echo sequence[J]. J Comput Assist Tomogr, 2001, 25(1): 55-60.
- [7] Coates GG, Borrello JA, McFarland EG, et al. Hepatic T_2 -weighted MRI: a prospective comparison of sequences, including breath-hold, half-Fourier turbo spin echo (HASTE)[J]. J Magn Reson Imaging, 1998, 8(3): 642-649.
- [8] Gaa J, Hatabu H, Jenkins RL, et al. Liver masses: replacement of conventional T_2 -weighted spin-echo MR imaging with breath-hold MR imaging[J]. Radiology, 1996, 200(2): 459-464.
- [9] Mitchell DG. Fast MR imaging techniques: impact in the abdomen[J]. J Magn Reson Imaging, 1996, 6(5): 812-821.
- [10] Fujita T, Ito K, Honjo K, et al. Detection of hepatocellular carcinoma: comparison of T_2 -weighted breath-hold fast spin-echo sequences and high-resolution dynamic MR imaging with a phased-array body coil[J]. J Magn Reson Imaging, 1999, 9(2): 274-279.

(收稿日期: 2011-12-06 修回日期: 2012-03-07)