## • 影像技术学 •

# BLADE技术消除磁共振成像运动伪影的临床应用

宋云龙,张挽时,王忠,祝红线,方红,毕永民

【摘要】目的:探讨刀锋伪影校正(BLADE)技术在消除 MRI 运动伪影方面的临床应用价值。方法:177例(头部 74例、脊柱 68例、腹部 35例)常规 MRI 检查出现运动伪影的患者,改行 BLADE 技术 MRI 扫描,对比常规序列扫描来评价 BLADE 技术对运动伪影消除的作用。以显示内囊结构、脑脊液、肝中静脉或下腔静脉的清晰程度,将图像质量分为 4 级。结果:177例中,行常规 MRI 扫描,图像质量为  $\parallel$  级以上影响诊断的病例共 92例(52%),其中头部 39例、脊柱 29例、腹部 24例。采用 BLADE 技术扫描后, $\parallel$  级以上影响诊断的病例共 20例(11.3%),两者比较差异有极显著性意义( $\chi^2=7.12$ , P<0.01)。结论:BLADE 技术对消除常规 MRI 扫描出现的运动伪影有显著作用,可广泛应用于头部、脊柱、腹部等部位常规 MRI 时运动伪影的校正,尤其适用于小儿或不配合患者,可提供更清晰的 MRI 图像。

【关键词】 磁共振成像; 伪影; 图像质量

【中图分类号】R445.2; R742 【文献标识码】A 【文章编号】1000-0313(2007)11-1228-04

Clinical Application of BLADE Technique in Correcting Motion Artifacts of MRI SONG Yun-long, ZHANG Wan-shi, WANG Zhong, et al., MRI Department, Air Force General Hospital, Beijing 100037, P. R., China

[Abstract] Objective: To comparatively evaluate the clinical effect of BLADE technique on correcting MRI motion artifacts with that with MR regular pulse sequences. Methods: 177 cases of patients (including 74 cases of head, 68 cases of spine and 35 cases of abdomen scans) in which motion artifacts were found with routine MR sequences were rescanned with BLADE technique. The effect of BLADE technique on correcting the motion artifacts made with routine imaging sequences were comparatively evaluated. The evaluation criteria were designated as 4 grades (grade 0 to grade []] on the bases of the conspicuity of displaying the internal capsule, cerebrospinal fluid, middle hepatic vein and inferior vena cava. Results: 92 of the 177 cases (52.0%) scanned with regular imaging sequences were classified as grade []] or over, including 39 head, 29 spine and 24 abdomen scans; in these cases, the motion artifacts affected the image quality for diagnosis. Comparatively, only 20 of the 177 rescanned cases (11.3%) were evaluated as grade []] or over, including 6 head, 8 spine and 6 abdomen scans, in which BLADE technique was used and the motion artifacts still affected image quality for diagnosis. The difference of potentials in correcting motion artifacts between BLADE and regular imaging techniques was remarkably significant (P < 0.01). Conclusion: BLADE technique played an important role in correcting motion artifacts in MRI scanning and was highly recommended for correcting MR motion artifacts in head, spine and abdomen scans, especially for the examinations in children and uncooperative patients.

**(Key words)** Magnetic resonance imaging; Artifact; Image quality

磁共振检查因其无创、高对比分辨力、多方位和功能成像等优势,已被临床广泛应用于全身各部位病变的检查中。但与其它影像学检查相比,检查时间相对较长,各种原因(如小儿和不配合患者)在检查中引起的运动伪影相对较多,甚至部分患者需药物镇静或麻醉才能完成检查[1]。BLADE 技术为解决运动伪影的校正提供了一种新方法。本文回顾性分析 BLADE 技术应用于常规检查(头部、脊柱、腹部)的情况并与常规MRI 序列进行对比,旨在探讨 BLADE 技术在临床应

用过程中对清除运动伪影的作用和意义。

#### 材料与方法

177 例行常规 MRI 检查(头部 74 例、脊柱 68 例、腹部 35 例)时出现运动伪影的患者,改行 BLADE 序列扫描。177 例中男 104 例,女 73 例,年龄 2~91 岁,平均 45.3 岁;其中包括小儿患者 35 例(19.8%),老年或不能配合患者 53 例(29.9%)。行头部检查的 74 例中先天性畸形 4 例,脑血管病 39 例,脑肿瘤 12 例,外伤 2 例,脑炎 2 例,其它病变 9 例,正常 6 例;行脊柱检查的 68 例中先天性脊柱畸形 3 例,椎管内肿瘤及椎体转移瘤 16 例,骨折 8 例,椎体结核 5 例,脊柱退行性变13例,其它15 例,正常 8 例;行腹部检查的 35 例中肝

作者单位:100036 北京,空军总医院 CT&MRI科(宋云龙、张挽时、祝红线、方红、毕永民);100102 北京,西门子(中国)公司磁共振事业部(王虫)

作者简介:宋云龙(1964一),男,黑龙江齐齐哈尔人,博士,主任医师,主要从事心血管及胸部疾病的影像学诊断、经皮介入诊断及治疗工作。

癌 12 例, 肝血管瘤 5 例, 肝囊肿 5 例, 胰腺癌 4 例, 外伤 1 例, 其它 6 例, 正常 2 例。

采用西门子 Avanto 1.5T 超导磁共振成像系统,梯度场强 45 mT/m,切换率 200 mT/(m·s),共 72 个线圈单元组成,32 个通道独立接收信号。多通道和多线圈组合形成的全景成像矩阵(total imaging matrix,TIM)技术使沿 3 个梯度编码方向均可行并行采集。整个扫描过程中无须改变患者体位。常规序列扫描发现运动伪影后,改用 BLADE 序列进行扫描,BLADE 序列扫描方式及参数见表 1。

由两位有丰富经验的影像医生共同对所有图像进行分析、比较,对运动伪影进行评价。判断标准:以显示内囊结构、脑脊液、肝中静脉或下腔静脉的清晰程度,行 I~IV分级法。 I级:内囊结构、脑脊液、肝中静脉或下腔静脉清晰可辨; II级:内囊结构、脑脊液、肝中静脉或下腔静脉欠清晰,但可辨; II级:内囊结构、脑脊液、肝中静脉或下腔静脉不清晰、不可辨; IV级:全脑、脊柱、肝脏整体结构模糊不清。

采用配对资料卡方检验行统计学分析,P < 0.01为差异有显著性意义。

#### 结 果

头部扫描出现运动伪影 74 例,图像质量分级为  $I \times II \times III \to II$  级者分别为 0.35、29 和 10 例,其中 II 级 以上影响诊断者共 39 例,约占 52.7%;经 BLADE 序列校正后,图像质量为  $I \times II \times III \to II$  级者分别为 58、10.5 和 1 例, II 级以上影响诊断者为 6 例,约占 <math>8.1%, II 级以下符合诊断要求的病例共 68 例,约占 91.9% (图 1.2)。经卡方检验, $\chi^2 = 7.86$ ,P < 0.01,两 者差异有极显著性意义。BLADE 序列横轴面  $T_2$  WI上,有 8 例 (10.8%) 脑室系统 (10.8%) 如 (10.8%) 的 (10.8%

脊柱常规序列扫描出现运动伪影 68 例,图像质量分级Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ和Ⅳ级者分别为 0、39、21 和 8 例,其中

Ⅱ级以上影响诊断者共 35 例,约占 42.6%;经 BLADE 序列校正后,图像质量为 I、II、III 和 IV 级者分别为 45、15、6 和 2 例,II 级以上影响诊断者为 8 例 (约占 11.8%),II 级以下符合诊断要求的共 60 例,约占 88.2%(图 4)。经卡方检验, $\chi^2 = 6.58$ ,P < 0.01, 差异有显著性意义。

腹部常规序列扫描出现运动伪影 35 例,图像质量分级为 I、II 、III 和 IV 级者分别为 0、11、19 和 5 例,其中 II 级以上影响诊断者共 24 例,约占 45. 7%;经 BLADE 序列校正后,图像质量为 I、II 、III 和 IV 级者分别为 15、14、4 和 2 例,II 级以上影响诊断者为 9 例,约占 28. 8%,II 级以下符合诊断要求的共 25 例,约占 71. 2%(图 5)。经卡方检验, $\chi^2 = 16. 2$ ,P < 0.01,差异有显著性意义。

#### 讨 论

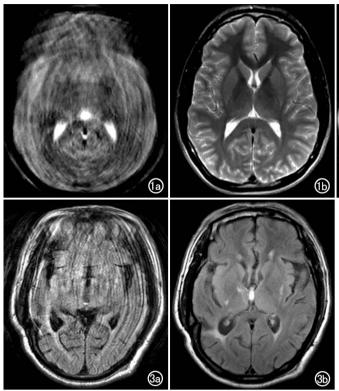
### 1. 磁共振成像运动伪影产生的原因及校正方法

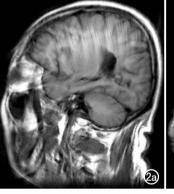
MRI 对运动的敏感性较高,成像过程中患者如发生轻微运动,即可引起图像模糊,产生伪影。磁共振伪影主要包括运动伪影、设备伪影和磁敏感伪影,其中前者是影响图像质量的最主要原因。根据其产生机制不同,运动伪影被分为两大类:①单次采集过程中,人体组织连续运动产生的伪影;②多次采集过程中,静态组织所处位置不同形成的伪影<sup>[2]</sup>。运动伪影系成像对象的位置移动而引起,产生了MRI上的重叠影像<sup>[3]</sup>。

改变 K 空间的填充方式是校正运动伪影的常用方法之一。K 空间中心部分主要决定 MR 图像的对比度,而外围部分决定图像的空间分辨力,因此,采用先中心后外围的填充方式可以在最短时间内完成中心部分扫描,最大程度减少运动造成的影响,有效克服第一类运动伪影,其中方法之一就是螺旋采集法<sup>[4]</sup>。但改变 K 空间充填方式会改变图像的对比度,限制了其应用。导航回波法是另一种校正运动伪影的常用方法。该方法通过采集额外数据来监测人体组织的运

± 1	DIAD	F 宮別 北京	加米上山	- 昨 - 十	1 14 44 4	4 4 业
去	BLAD	14 13 21 11 11 11	31 谷杠木	7 腹 出 エ	福明玩	饱太제

参数	头部			脊柱			腹部	
	横轴面 T <sub>2</sub> WI	矢状面 T <sub>1</sub> WI	横轴面 T <sub>2</sub> WI	矢状面 T <sub>2</sub> WI	矢状面 T <sub>1</sub> WI	横轴面 T <sub>2</sub> WI	横轴面 T <sub>2</sub> WI	横轴面 T <sub>1</sub> WI
TR(ms)	4500	1800	9000	3300	450	700	2430	1800
TE(ms)	99	55	99	92	10	27	99	55
矩阵	$256 \times 256$	$256 \times 256$	$256 \times 256$	$224 \times 448$	$224 \times 448$	$256 \times 256$	$320 \times 320$	$256 \times 256$
视野(mm)	250	250	250	280	280	200	350	350
层厚(mm)	5	5	5	3	3	4	5	5
层数	20	20	20	19	19	19	20	20
采集(次)	1	2	1	2	3	2	1	1
体素(mm³)	1.0×1.0×5.0	1.0×1.0×5.0	1.0×1.0×5.0	1.3×0.6×3.0	1.3×0.6×3.0	0.9×0.8×4.0	$1.1 \times 1.1 \times 5.0$	$1.4 \times 1.4 \times 5.0$
时间(s)	137	299	146	137	186	224	84	93





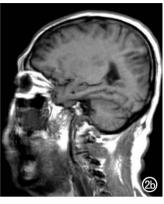


图 1 横轴面头部 T<sub>2</sub>WI。a) 常规序列图像示运动伪影明显,全脑结构模糊不清,图像质量 IV 级;b) BLADE 图像上内囊结构显示清晰,图像质量 II 级。图 2 矢状面 T<sub>1</sub>WI。a) 常规序列图像上运动伪影明显,图像质量 II 级;b) BLADE 图像上基底节区显示清晰,并可见点、片状低信号灶,图像质量为 I级。图 3 横轴面液体衰减反转恢复序列。a) 常规序列图像上可见运动伪影,图像质量为 III 级,三脑室内未见异常信号;b) BLADE 图像上脑组织显示清晰,图像质量 I 级,但三脑室内见异常高信号。

动,并选取特定位置进行数据采集,可有效减小第二类运动伪影,多用于腹部等运动器官的检查;其缺点是采集效率低、扫描时间较长<sup>[5]</sup>。

#### 2. BLADE 技术特点

常规扫描序列的 K 空间充填方式为在相位编码方向上互相平行,由上而下直至 K 空间中所有相位编码线被填充完毕,K 空间中心仅接受一次激发的采集。如若在单次采集过程中人体组织连续运动或在多次采集过程中人体静态组织位置发生变化,MR 图像则产生不同形式的运动伪影[6]。

BLADE 技术 K 空间的充填方式为在 K 空间中

采集 N 组数据带,每个数据带由 L 条平行数据线构成,每个数据带可重建出一幅低分辨力的图像。数据带以一定角度在 K 空间中连续旋转,直至全部数据在 K 空间中旋转 360°。由于数据带之间发生重叠,在 K 空间中心形成直径为 L 的圆形区域内,每个数据带都重复采集。随着空间频率的增加,重叠逐渐减少,直至 K 空间的边缘只有单个数据带覆盖[7]。

BLADE 技术可连续旋转采集低分辨力图像,并 将运动伪影加以校正。在 K 空间数据采集过程中,每 个信息都要经过数据采集、相位校正、整体旋转校正、 整体平移校正、区域性校正、相关性加权,最后通过傅



立叶变换进行图像重建。在合成图像时,能够检测并校正旋转和平移运动伪影,剔除运动幅度大且具有较低权重的失真数据,从而消除了运动伪影。因此使用该项技术对运动不敏感,在相位编码方向不会构成运动伪影,提高 MR 图像的对比度<sup>[8]</sup>。

BLADE技术与周期性旋转重叠平行线采集和增 强后处理重建技术(periodically rotated overlapping parallel lines with enhanced reconstruction, PRO-PELLER)在 K 空间的充填方式上原理相同[9],但 PROPELLER 技术主要用于头颅 T。加权序列,并且 只对水平方向的运动有较好的校正作用:BLADE 技 术不仅可对平面内的刚性运动伪影进行校正,而且能 对非刚性运动和层面间运动伪影进行校正,因此, BLADE 技术能适用于各种运动(包括水平方向、垂直 方向、旋转运动等)所产生伪影的校正中,广泛活用干 T<sub>2</sub>加权对比、T<sub>2</sub>黑水成像和 T<sub>1</sub>加权对比等各种序列 中,并可任意方向、任意角度成像。此技术无线圈依赖 性,适用于全部西门子磁共振的 TIM 线圈,包括多通 道矩阵线圈如多通道头部、脊柱、体部矩阵线圈以及专 用的阵列线圈和附属线圈,应用范围包括头部、脊柱、 骨关节、腹部等。如联合 GRAPPA (Generalized Autocalibrating Partial Parallel Acquisition)技术可进一 步提高相位校正准确性,减低对比噪声比,加快采集。

#### 3. BLADE 技术的临床应用及存在的问题

本组研究只涉及常规 MRI 检查产生伪影的 177 例患者,其中,小儿患者 25 例(14.1%),老年或不能配合患者 46 例(26.0%),两者占有较大比例(约40.1%),较易引起运动伪影,Ⅱ级以上影响诊断者约占 70.8%。经 BLADE 序列校正后,Ⅱ级以上影响诊断者仅占 7.7%,经卡方检验,P<0.05,两者有显著差异。在头部检查中,除上述主要的头部运动形成的伪影外,尚存在其他类型的运动伪影,如由于血管搏动、眼球运动和脑脊液波动等形成的伪影,由于 BLADE 对流动等生理运动不敏感,采用此技术后可将全部或绝大部分伪影消除[10]。BLADE 序列图像的脑实质对比度、信噪比和分辨力得到明显提高。BLADE 技术可获得清晰的影像,减少镇静剂的使用,尤其适用于儿童及不合作患者。

BLADE 技术存在的问题:本组资料中,BLADE 黑水 T<sub>2</sub>WI 上有 7 例(约 10.8%)出现脑室系统(如侧脑室、环池、四脑室)内不规则高信号,应注意不要被误

认为病变,需结合其他序列图像综合加以考虑。此现 象产生的原因尚不十分清楚,有待于深入研究。另外, 本组资料中行头部和脊柱检查的病例较多,腹部病例 较少,后者有待于进一步积累有关临床资料加以分析。

总之,BLADE 技术将 K 空间放射状填充结合运动校准重建,显著降低了运动伪影的产生,提供准确清晰的影像资料。应用 BLADE 技术可有效解决常规磁共振扫描中常出现的运动伪影难题,适用于不同的图像对比加权和任意方位成像,尤其适用于小儿及不能配合的检查者,使 MR 检查的适用范围进一步扩大,避免或减少不必要的重复检查,为临床提供更清晰的MR 图像。

#### 参考文献:

- [1] 秦文,于春水,李坤成. 螺旋桨(PROPELLER)技术的原理及应用 [J]. 医学影像学杂志,2005,15(10):912-915.
- [2] Pipe JG, Farthing VG, Forbes KP. Multishot Diffusion-weighted FSE Using PROPELLER MRI[J]. Magn Reson Med, 2002, 47 (1):42-52.
- [3] Glover GH, Pauly JM. Projection Reconstruction Techniques for Reduction of Motion Effects in MRI[J]. Magn Reson Med, 1992, 28(3):275-289.
- [4] Forbes KP, Pipe JG, Bird CR, et al. PROPELLER MRI: Clinical Testing of a Novel Technique for Quantification and Compensation of Head Motion[J]. Magn Reson Med, 2001, 14(3):215-222.
- [5] Pipe JG. Motion Correction with PROPELLER MRI: Application to Head Motion and Free-breathing Cardiac Imaging [J]. Magn Reson Med, 1999, 42(10): 963-969.
- [6] Nishimura DG, Irarrazabal P, Meyer CH. A Velocity K-Space Analysis of Flow Effects in Echo-planar and Spiral Imaging [J]. Magn Reson Med, 1995, 33(6):549-556.
- [7] Forbes KP, Pipe JG, Karis JP, et al. Brain Imaging in the Unsedated Pediatric Patient: Comparison of Periodically Rotated Overlapping Parallel Lines with Enhanced Reconstruction and Single-shot Fast Spin-echo Sequences[J]. AJNR, 2003, 24(8):795-798.
- [8] 戈明媚,王秋良,刘志钦,等. MR 螺旋桨扫描技术在消除伪影方面的临床应用[J]. 中华放射学杂志,2006,40(5):208-212.
- [9] Taouli B, Martin AJ, Qayyum A, et al. Parallel Imaging and Diffusion Tensor Imaging for Diffusion-weighted MRI of the Liver: Preliminary Experience in Healthy Volunteers[J]. AJR, 2004, 183 (7):677-680.
- [10] Cheryauka AB, Lee JN, Samsonov AA, et al. MRI Diffusion Tensor Reconstruction with PROPELLER Data Acquisition[J]. Magn Reson Imaging, 2004, 22(2):139-148.

(收稿日期:2006-12-16 修回日期:2007-05-08)