

钛合金植入物在 1.5T 场强下不同序列参数伪影大小探讨

王传兵¹, 邹月芬^{1*}, 胡志毅², 吕 征², 李大鹏¹, 储 彬¹

(¹南京医科大学第一附属医院放射科, ²骨科, 江苏 南京 210029)

[摘要] 目的: 比较不同扫描序列导致钛合金植入物伪影的差别, 优化扫描参数以期达到高质量扫描图像。方法: 制作钛合金水模, 进行常规序列扫描以及在 sagT2-FSE 序列下改变扫描视野、回波链长、带宽等参数观察伪影变化。结果: 扫描序列不同, 产生的伪影大小不同; 扫描视野减小、回波链长缩短以及带宽增加, 伪影减小。结论: 改变扫描序列、扫描参数可以减少金属植入物带来的伪影, 提高图像质量, 有助临床诊断。

[关键词] 金属植入物; 金属伪影; MR 成像

[中图分类号] R445.2

[文献标志码] A

[文章编号] 1007-4368(2013)11-1600-04

doi:10.7655/NYDXBNS20131129

Evaluation of the size of artifacts under 1.5T MRI different sequence parameters caused by titanium alloy implants

Wang Chuanbing¹, Zou Yuefen^{1*}, Hu Zhiyi², Lv Zheng², Li Dapeng¹, Chu Bing¹

(¹Department of Radiology, ²Department of Orthopedics, the First Affiliated Hospital of NJMU, Nanjing 210029, China)

[Abstract] **Objective:** To compare the variation of titanium implant artifacts in different sequences and optimize scanning parameters for high-quality images. **Methods:** Titanium water phantom was designed for routine sequences and those with optimized parameters scanning; the variation of artifacts was observed with altering field of view, echo train length, bandwidth in sagT2-FSE sequence. **Results:** Artifacts were changed under different sequences. The reduction of field of view, the decrease of echo train length and bandwidth reduced the artifacts. **Conclusion:** Change of the scan sequence or scan parameters could reduce artifacts caused by metal implants, improve image quality, and benefit clinical diagnosis.

[Key words] metallic implants; metallic artifacts; MRI

[Acta Univ Med Nanjing, 2013, 33(11):1600-1603]

磁共振成像是骨科术前诊断的主要方法, 同时也是手术后评价疗效及随访复查的重要手段。随着骨科植入体应用越来越普遍, 植入体在磁共振成像检查时带来的不良影响越来越大。磁共振成像植入体附近的异常伪影信号使图像变形, 影响其观察和诊断, 妨碍植入后局部手术疗效评价和以后的随访。目前钛合金植入体以其良好的力学性能、耐腐蚀性和生物兼容性好等优点在临床应用非常广泛。本研究旨在探讨钛合金植入物做 MRI 检查产生伪影的特点以及如何减少伪影的产生。

1 材料和方法

1.1 材料

钛合金螺钉(长 55 mm, 最宽处 15 mm, Stryker 公司, 美国); CuSO₄ 溶液; 聚酯材料透明的水桶; 细尼龙线若干。1.5T MR 扫描仪(GE 公司, 美国); 德国 MedavisPACS 软件。

1.2 方法

1.2.1 钛合金螺钉植入水模的制作

在圆桶的中上方对称打两个针孔用于细线固定钛合金螺钉, 内充有 CuSO₄ 溶液。CuSO₄ 溶液目的是去除水模内其他原因引起的信号变化使水模内磁共振信号均匀^[1-2]。应用该水模来定量测量钛合金螺钉

[基金项目] 江苏高校优势学科建设工程资助(jx10231801)

*通信作者(Corresponding author), E-mail: zou_yf@163.com

植入物产生伪影大小。

1.2.2 扫描步骤

将制备好的水模置于正交头线圈的中心位置,采用矢状位 FSE-T1、FSE-T2、FSE 的短反转时间的反转恢复(STIR)的脂肪抑制、FSE 的频率选择饱和法(FS)抑制、GRE、DWI 等常规序列进行扫描,扫描参数见表 1。在矢状位 FSE-T2 序列通过改变扫描视野、回波链长、带宽等参数获得不同的图像,扫描参数见表 2。取出钛合金螺钉,单纯水模扫描作为对照图像。将得到图像上传到 MedavisPACS 软件进行测量分析。

1.2.3 伪影测定方法

将上述检查获得的 DICOM 格式图像上传 PACS 软件。对每一扫描条件选择伪影最大的层面进行伪影测量,测量标准参照美国材料与试验协会

(ASTM)F2119-01 标准。

选取同一序列参数所得含植入物图像及对照图像,在与含植入物图像伪影最大层面相对应的对照图像中央区(兴趣区)记录其平均像素值和 $\pm 30\%$ 平均像素值。分别将含植入物图像窗位 (wl) 及窗宽 (ww) 设置为上述平均像素值和 $\pm 30\%$ 平均像素值,此时测量植入物影像在上下左右方向上伪影大小(测量伪影大小为螺钉加伪影长度,其中宽度均在最宽处测量)。

1.3 统计学方法

Stata11.2 软件进行统计分析,计量数据用均值 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,多组间均数的比较采用方差分析,两两比较采用 Bonferroni 法, $P \leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

表 1 GE 1.5MR 伪影测试序列参数

Table 1 GE 1.5MR artifacts test sequence parameters

序列	带宽(hz/px)	TR/TE(ms)	(°)	层厚(mm)	FOV(cm)	Matrix
Sag-FSE-T1	31.25	1 785/26	90	4	24 × 24	320 × 192
Sag-FSE-T2	31.25	4 000/110	90	4	24 × 24	320 × 192
Sag-T2-STIR	31.25	5 000/55	90	4	24 × 24	320 × 192
Sag-FSE-T2-FS	31.25	4 000/110	90	4	24 × 24	320 × 192
Sag-GRE	-----	5.5/1.7	30	4	24 × 24	320 × 192
Sag-DWI	b=1 000	4 500/80	90	4	24 × 24	320 × 192

表 2 矢状位扫描参数调整

Table 2 Sagittal scan parameter adjustment

序列	带宽(hz/px)	TR/TE(ms)	(°)	层厚(mm)	FOV(cm)	ETL
FSE-T2	31.25	4 000/110	90	4	24 × 24	18
FSE-T2	142.86	4 000/110	90	4	24 × 24	18
FSE-T2	250	4 000/110	90	4	24 × 24	18
FSE-T2	31.25	4 000/110	90	4	16 × 16	18
FSE-T2	31.25	4 000/110	90	4	40 × 40	18
FSE-T2	31.25	4 000/110	90	4	24 × 24	60
FSE-T2	31.25	4 000/110	90	4	24 × 24	90

2 结果

2.1 比较不同常规序列扫描,观察发现伪影大小

方差分析及两两比较结果表明,不同序列伪影长度差别有统计学意义($F = 11 992.95, P < 0.000 1$),不同序列伪影宽度差别有统计学意义($F = 20 335.46, P < 0.000 1$),图像伪影 DWI 序列 > GRE 序列 > FS 脂肪抑制 > STIR 脂肪抑制 > T2-FSE > T1-FSE,差别均有统计学意义(图 1,表 3)。

2.2 同一个扫描序列改变参数观察伪影大小变化

在 sagT2-FSE 通过改变带宽、视野、回波链长度所得图像伪影大小发生变化。回波链增加,图像的

伪影也增加;带宽增加,图像伪影减小;扫描视野增加,图像伪影增加(图 2)。

3 讨论

金属植入物由于其磁化率不同导致静磁场局部的均匀性遭到破坏,进而引起成像物体的几何失真和信号强度失真。其产生伪影的机制是:①导致局部磁场不均匀和自旋质子失相位;②自旋质子的频率和相位异常造成空间定位错误;③金属材料在射频脉冲激励下产生涡电流,也会造成磁场不均匀^[3-4]。

本研究发现同一场强下 GRE 序列产生伪影较大而 FSE 序列伪影较小,这和 Shafiei 等^[5]研究结果

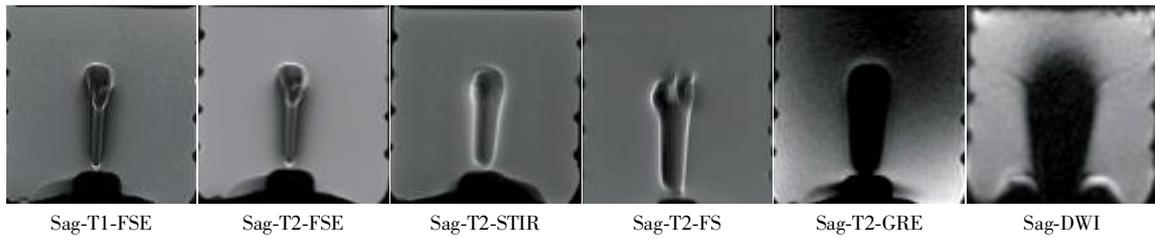


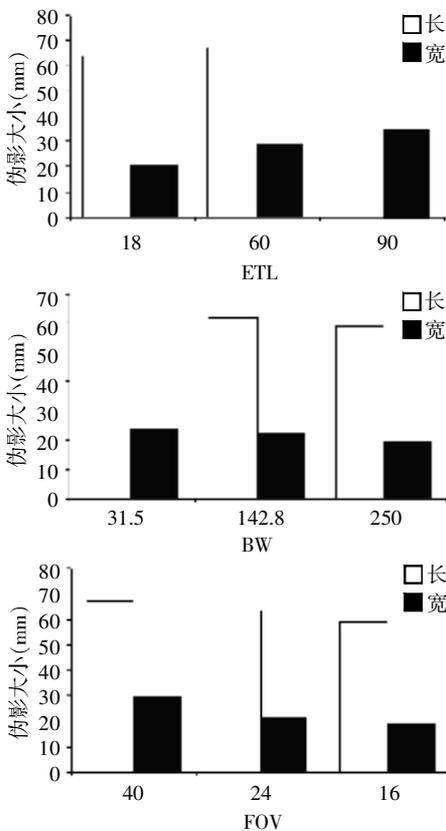
图 1 钛合金植入物水模磁共振扫描图像

Figure 1 The images of titanium water phantom scanned by MR system

表 3 钛合金植入物在 1.5MR 不同序列扫描后伪影大小
 Table 3 the size of artifacts under 1.5T MR different sequence caused by titanium alloy implants (mm)

序列	长	宽
Sag-FSE-T1	63.63 ± 0.15 ^A	21.67 ± 0.06 ^A
Sag-FSE-T2	63.00 ± 0.20 ^B	23.17 ± 0.15 ^B
Sag-T2-STIR	65.80 ± 0.10 ^C	29.23 ± 0.06 ^C
Sag-FSE-T2-FS	72.03 ± 0.06 ^D	35.03 ± 0.25 ^D
Sag-GRE	79.47 ± 0.15 ^E	45.20 ± 0.20 ^E
Sag-DWI	82.23 ± 0.06 ^F	55.73 ± 0.15 ^F

字母不同表示不同序列间差别有统计学意义。



A: 回波链增加, 图像的伪影增加; B: 带宽增加, 图像伪影减小;
 C: 扫描视野增加, 图像伪影增加。

图 2 参数改变带来的伪影变化

Figure 2 The variation of artifacts brought by parameter changes

一致。原因可能是: GRE 序列对金属极其敏感, 体素内失相位是 GRE 图像信号丢失的主要原因, 这导致图像上金属周围的暗区或黑区(信号丢失)^[6-7]。FSE 序列采用多重 180°重聚焦脉冲, 可以在一个重复时间内获得多个信息(K 空间数据)。这种多重 180°脉冲的作用是比一般的自旋回波成像以更快间隔的自旋回聚, 从而减少散射相关的信号丢失, 所以 FSE 序列产生伪影较小^[8-9]。

DWI 序列成像机制即为在某个方向上施加一个扩散敏感梯度场, 人为在该方向上制造磁场不均匀, 那么体素内该方向上质子的进动频率将出现差别, 从而也造成体素内质子群失相位, 最后也引起宏观磁化矢量的衰减, MR 信号减弱, 通过检测这种信号强度的变化得到 DWI 图像。如上所述, 金属植入物主要是引起局部磁场不均匀和自旋质子失相位。所以 DWI 序列图像伪影较大。

同时, FS 的脂肪抑制伪影较 STIR 脂肪抑制大, 原因分析为: FS 的脂肪抑制技术利用的是脂肪与水的化学位移效应。脂肪和水分子质子的进动频率将存在差别。在成像序列的激发脉冲施加前, 先连续施加数个与脂肪质子进动频率一致的预饱和脉冲, 这时再施加真正的激发射频脉冲, 脂肪组织因为饱和不能再接受能量, 因而不产生信号, 而水分子中的质子可被激发产生信号, 从而达到脂肪抑制的目的, 最终的信号几乎不含脂肪组织来源。但是这种方法对磁场强度均匀性要求很高, 如前所述, 金属引起静态磁场的不均一, 导致不均匀的脂肪信号饱和, 所以产生伪影较大。STIR 脂肪抑制是利用了人体组织中脂肪的 T1 值最短特性, 因此 180°脉冲后其纵向磁化矢量从反向最大到过零点所需的时间很短, 因此如果选择短反转时间(TI)施加 90°脉冲, 由于没有宏观纵向磁化矢量, 就没有宏观横向磁化矢量的产生, 则可有效抑制脂肪组织的信号。由于 STIR 脂肪抑制是利用了人体组织中脂肪的 T1 值最短特性, 因此对磁场均匀性要求不高所以产生金属伪影较小^[10-11]。

本研究通过改变带宽、扫描视野、回波链长等参

数来观察伪影的变化。局部失真伪影与频率编码梯度强度呈反比,增加频率编码梯度强度减少伪影,这点可通过增加读出带宽而获得^[10]。本研究结果发现增加带宽后金属伪影得到缓解。但是,带宽增加对许多相关参数产生影响,其中采样时间、回波时间、化学位移、回波间隔下降^[12]。因此,带宽的改变,需要一个全局平衡的考虑。扫描视野减小后,伪影也减小。原因是在矩阵不变的情况下,扫描视野减小,体素变小,小的 MRI 体素可提高金属区的成像质量,增加了图像的清晰度;小体素也有助于减少散射相关的信号丢失,从而减小伪影^[13]。FSE 序列的回波链中第一个回波信号最强,往后信号强度逐渐减弱。这种强度具有差别的回波信号填充在 K 空间中,在傅里叶转换中将发生定位上的错误,从而导致图像模糊。ETL 越长,填充 K 空间的回波信号强度差别越大,图像越模糊。金属伪影造成的磁场不均匀在傅里叶转换中也会产生定位上的错误,因此,减小回波链长可以帮助减轻伪影^[14-15]。但回波链长还受扫描时间、图像对比度、场强大小影响。

总之,对有金属植入体的患者进行 MR 扫描时,避免采用 GRE 序列,尽量应用短回波时间的 FSE 序列;增加接收带宽;减小回波链长;根据解剖位置大小应用尽可能小的扫描视野;如果需要脂肪抑制,最好选择 STIR 脂肪抑制序列。实际操作中应根据具体金属植入物大小、材料、植入位置、方向等综合考虑来选择合适脉冲序列及合理的参数,以达到伪影最小化的目的。相信随着材料学的发展以及 MRI 技术本身的进步,金属植入物进行 MRI 检查的相容性也会大大提高。

[参考文献]

- [1] 葛丽娟,林志凯,邓君,等. 磁共振设备质量控制信号值与成像液浓度的变化关系研究[J]. 中华现代影像学杂志,2009,6(3):129-134
- [2] Neal CJ,Rosner,Kuklo TR. Magnetic resonance imaging evaluation of adjacent segments after disc arthroplasty [J]. J Neurosurg,2005,3(5):342-347
- [3] Harris CA,White LM. Artifact reduction in musculoskeletal magnetic resonance imaging [J]. Orthopedic Clin North Am,2006,37(3):349-359
- [4] Modic MT,Obuchowski NA,Ross JS,et al. Acute low back pain and radiculopathy:MR imaging findings and their prognostic role and effect on outcome [J]. Radiology,2005,237(2):597-604
- [5] Shafiei F,Honda E,Takahashi H,et al. artifacts from dental casting alloys in magnetic resonance imaging [J]. Dent Res,2003,82(8):602-606
- [6] 刘娟,汪俊萍,白人驹,等. 比较 MRI 检查中不同口腔金属材料伪影的实验研究 [J]. 现代口腔医学杂志,2008,22(6):641-643
- [7] Tetsumura A,Flanders AM,vinitiskis,et al. Metallic residues as a source of artifacts in magnetic resonance imaging of the temporomandibular joint [J]. Dentomaxillofac Radiol,1999,28(3):186-190
- [8] 杨长伟,贺石生,李明,等. 脊柱金属植入物磁共振成像伪影消除技术进展 [J]. 脊柱外科杂志,2008,6(4):249-251
- [9] 郝楠,潘小波,韩武,等. MRI 检查中不同口腔金属材料伪影面积的研究 [J]. 中国临床新医学杂志,2013,6(1):8-11
- [10] Hargreaves BA,Worters PW,Pauly KB,et al. Metal-induced artifacts in MRI [J]. AJR Am J Roentgenol,2011,197(3):547-555
- [11] Costa AL,Appenzeller S,Yasuda CL,et al. Artifacts in brain magnetic resonance imaging due to metallic dental objects[J]. Med Oral Patol Oral Cir Bucal,2009,14(6):278-282
- [12] 贺石生,侯铁胜,汪剑,等. 钛合金钢板对颈椎前路术后患者磁共振成像的影响 [J]. 上海医学,2003,20(11):853-854
- [13] White LM, Kim JK, Mehta M, et al. Complications of total hip arthroplasty:MR imaging-initial experience[J]. Radiology,2000,215(1):254-262
- [14] Port JD,Pomper MG. Quantification and minimization of magnetic susceptibility artifacts on GRE images [J]. J Comp Assisted Tomography,2000,24(6):958-964
- [15] 刘娟,李长福. MR 成像参数对口腔金属材料伪影作用的实验研究 [J]. 口腔医学研究杂志,2013,29(1):29-32

[收稿日期] 2013-05-17