

• 骨骼肌肉影像学 •

脊柱内固定术后 MRI 应用研究

黄群, 杨海涛, 李维金, 夏黎明, 王仁法, 王承缘

【摘要】 目的:探讨 MRI 在脊柱内固定术后评价中的应用技术及诊断价值。**方法:**对 49 例脊柱钛合金内固定术后患者行 MRI 常规扫描,分析患者的 MRI 图像。部分病例选取垂直和平行于螺钉长轴两种频率编码方向分别扫描,评价其与螺钉伪影大小的关系。**结果:**当频率编码方向平行于螺钉长轴扫描时,螺钉所产生的图像伪影较垂直于螺钉长轴扫描时显著减小,能准确判断螺钉植入位置,椎体和椎管结构清晰。49 例患者中出现 12 例螺钉位置不佳,其中与硬膜囊有接触者 5 例,螺钉游离于椎弓根之外者 4 例,穿破皮质进入椎间隙者 2 例,压迫神经根者 1 例。同时 49 例患者中伴有椎管狭窄 13 例,脊髓受压缺血或软化灶形成 12 例,粘连性蛛网膜炎 6 例,脑脊液漏及假性脊膜膨出 2 例,肿瘤复发 1 例。**结论:**选取平行于螺钉长轴的频率编码方向扫描能使螺钉伪影明显缩小,从而能更好地评价脊柱内固定术后改变。

【关键词】 磁共振成像; 伪影; 脊柱; 内固定术; 钛合金; 频率编码方向

【中图分类号】 R445.2; R687.3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2007)07-0743-04

Application of MRI after Internal Fixation Surgery of Spine HUANG Qun, YANG Hai-tao, LI Wei-jin, et al. Department of Radiology, the First People's Hospital of Huaihua, Hunan 418000, P. R. China

【Abstract】 Objective: To investigate the technique and diagnostic value of MRI in spine after internal fixation surgery. **Methods:** Conventional MRI was performed in 49 patients after spinal internal fixation with titanium alloy, parts of them were scanned by two different frequency-encoding directions with perpendicular and parallel to the long axis of the screw. The size of artifact created by the screw was evaluated correlated to the frequency-encoding direction, and the MRI images were analyzed. **Results:** When the frequency-encoding direction was parallel to the long axis of the screw, the size of artifact was much more smaller comparing with that perpendicular to the long axis. The position of implanted screw for fixation could be accurately judged, as well as the structure of vertebral body and spinal canal could be clearly assessed. Of the MRI findings in 49 patients, 12 patients showed inappropriate position of the implanted screw, with the screw placed in contact with dural mater in 5 patients, located outside the vertebral pedicle in patients, penetrated into intervertebral space in 2 patients and compression of nerve root in 1 patient. At the same time, there were spinal stenosis (13 patients), spinal cord ischemia or myelo-malacia due to compression (12 patients), adhesive arachnoiditis (6 patients), leakage of cerebral spinal fluid and pseudo-meningocele (2 patients), tumor recurrence (1 patient). **Conclusion:** Artifact due to implanted screw could be markedly decreased by selecting the MRI frequency encoding direction with paralleling to the long axis of the screw, and favorable information could be provided to evaluate the change after internal fixation surgery of spine.

【Key words】 Magnetic resonance imaging; Artifact; Spine; internal fixation; Titanium alloy; Frequency-encoding direction

脊柱内固定技术的应用已经有几十年的历史,由于金属的磁敏感效应,以往对内固定术后的评价仅限于平片和 CT。随着材料科学的发展,尤其一些非铁磁性金属材料(如钛合金)在临床的逐步广泛应用,使得 MRI 对脊柱内固定术后检查不再成为禁忌,脊柱内固定术后行 MRI 复查者也逐渐增多。目前国内的相关报道很少。笔者搜集了一组脊柱钛合金内固定术后患者的 MR 检查资料,回顾性分析其 MR 图像特点,结合 MRI 扫描技术,旨在对脊柱内固定术后 MRI 的

临床应用价值进行探讨。

材料与方法

搜集 2005 年 1 月~2006 年 11 月我院和外院脊柱内固定术后行 MRI 检查的 49 例患者的病例资料,其中男 32 例,女 17 例,年龄 15~68 岁,平均 45 岁。手术部位包括颈椎 19 例,胸椎 7 例,腰椎 23 例。

手术病因和入路:椎间盘突出症 26 例,外伤后压缩性骨折 15 例,椎体结核 5 例,肿瘤 3 例。经前入路内固定术式 18 例(均为颈椎),侧方入路术式 5 例,经椎弓根内固定术式 26 例。所有患者内固定材料均为钛合金。

作者单位: 418000 湖南,怀化市第一人民医院放射科(黄群、李维金); 430030 武汉,华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科(杨海涛、夏黎明、王仁法、王承缘)

作者简介: 黄群(1973—),男,湖南怀化人,主治医师,主要从事影像诊断工作。

使用 GE Signa 1.5T CV/i、NV/i 和 EXCITE II 型超导磁共振仪,采用颈、胸、腰脊柱阵列线圈,常规行矢状面 FSE T_1 WI、快速恢复 FSE T_2 WI 和横轴面 FSE 序列质子密度加权成像,频率编码方向与内固定螺钉长轴平行,部分病例加做选取频率编码方向垂直于螺钉长轴方向扫描,横轴面扫描时定位线平行于内固定螺钉长轴,部分患者加扫冠状面。

结 果

1. MR 图像质量评价

不同序列图像特点:螺钉信号在各序列图像上均表现为中间宽带状低信号而周边为窄带状高信号,3 种序列图像中螺钉伪影大小无明显差别,总体上钉尖前部伪影较后部小(图 1); T_2 WI 对椎管内脊髓病变的情况显示较好,所有图像质量均达到诊断要求。

频率编码方向与螺钉伪影的关系:选择平行和垂直于螺钉长轴两种频率编码方向,分别获取同一序列图像,可见当选取平行于螺钉长轴的编码方向时螺钉伪影显著减少,其位置、形态与平片近乎一致,基本不影响图像诊断(图 1e);而选取垂直于螺钉长轴方向的频率编码方向时螺钉伪影显著增大,邻近结构部分被掩盖,螺钉与骨皮质关系不确切(图 1f)。

2. MRI 表现

螺钉位置情况:49 例患者中有 12 例出现螺钉位置不佳,其中与硬膜囊有接触者 5 例(图 2),螺钉游离于椎弓根之外者 4 例(图 3),冲破皮质进入椎间隙者 2 例(图 4),压迫神经根者 1 例。

术前继发与术后并发症:本组病例中发现椎管狭窄 13 例(图 5),脊髓受压缺血或软化灶形成 12 例(图 6),粘连性蛛网膜炎 6 例,脑脊液漏及假性脊膜膨出 2 例(图 1d),肿瘤复发 1 例。

13 例椎管狭窄均为术后并发症改变,10 例是由于椎管内硬膜外瘢痕组织粘连,继发腰椎管狭窄。纤维瘢痕组织替代硬膜周围脂肪组织,硬膜囊受压迫、推移,其信号在 T_1 WI 上为等、低信号, T_2 WI 信号稍高于椎间盘髓核和纤维环;3 例是由于内固定螺钉位置不佳或生物力学不均导致一侧或双侧侧隐窝狭窄。

脊髓受压缺血或软化灶形成 12 例,其中 5 例为术前脊髓受压或损伤所致即存在,7 例为术后压迫并发症改变。均表现脊髓内小斑片状、条状、点状异常信号,部分边缘模糊, T_1 WI 上为低信号, T_2 WI 上为稍高或高信号,信号均匀。

粘连性蛛网膜炎 6 例,表现为马尾神经变形、增粗、移位,硬膜囊变形、边缘不规则,蛛网膜下腔软组织

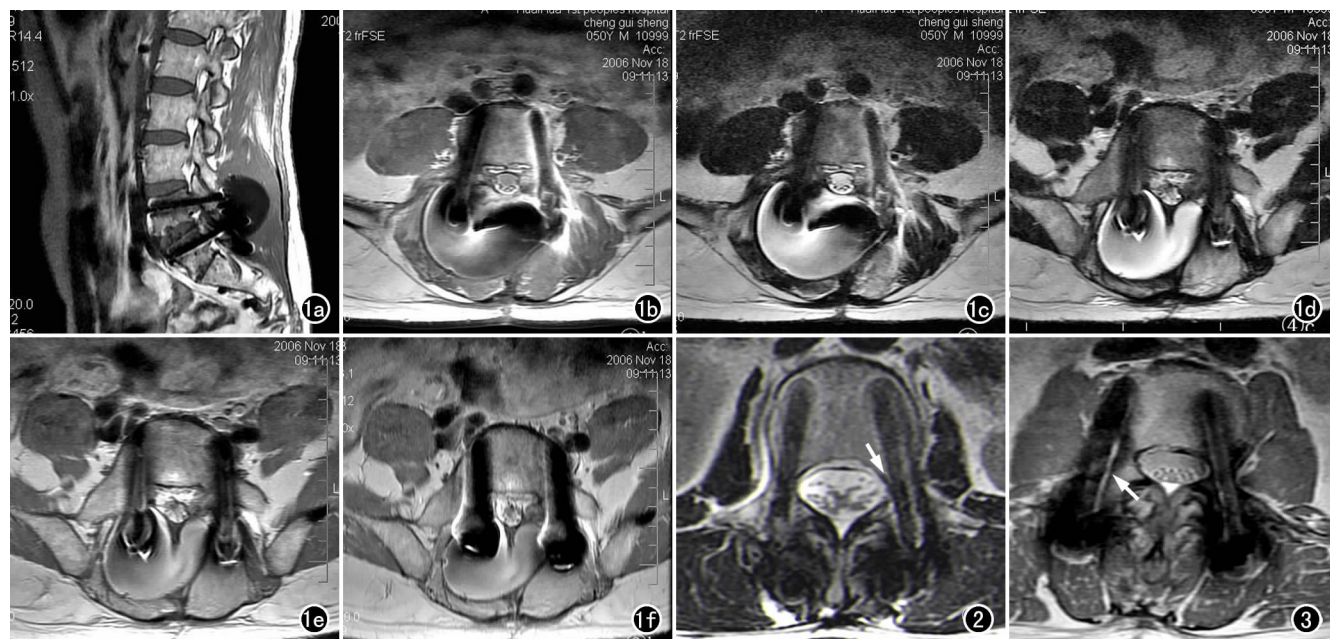


图 1 L₄₋₅ 椎间盘突出患者内固定术后。a) 矢状面 T_1 WI 示螺钉信号表现为中间呈宽带状低信号、周边为窄带状高信号; b) 横轴面质子加权成像示螺钉尖部伪影较后部小; c) T_2 WI 示螺钉伪影与 T_1 WI 上无明显差异; d) T_2 WI 示内固定术后并发脑脊液漏,呈高信号,边界清晰,位于椎管后部螺钉周围(箭); e) 质子加权成像示频率编码方向(A/P)与螺钉长轴平行,螺钉的伪影较小(箭); f) 频率编码方向(R/L)与螺钉长轴垂直,质子加权成像示伪影显著扩大,邻近结构部分掩盖,螺钉与骨皮质关系不确切。图 2 L₄ 椎体滑脱患者内固定术后, T_2 WI 示螺钉与椎管侧方硬膜囊接触,以左侧明显(箭)。图 3 L₃₋₄ 椎间盘突出患者内固定术后, T_2 WI 示椎体右侧螺钉基本游离于椎体和椎弓根之外(箭)。

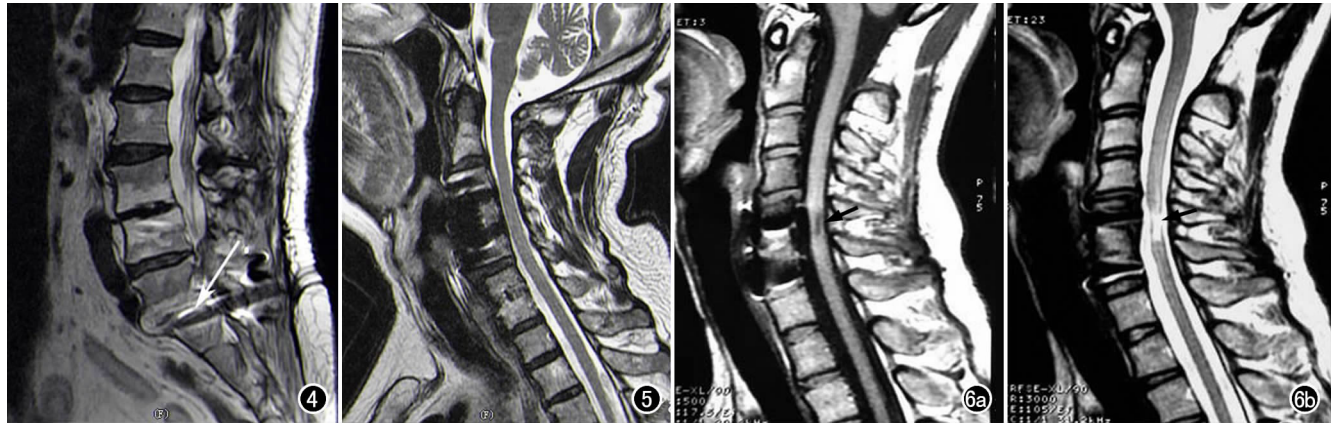


图 4 L₅-S₁ 椎间盘脱出患者内固定术后, T₂ WI 示螺钉部分进入 L₅-S₁ 椎间隙, L₅-S₁ 椎间隙变窄(箭)。图 5 颈椎结核内固定术后, T₂ WI 示椎管狭窄, 黄韧带增厚, 蛛网膜下腔变窄。图 6 C₅ 椎体压缩性骨折内固定术后继发脊髓缺血软化灶形成。a) T₁ WI 示颈髓内条状低信号(箭); b) T₂ WI 示颈髓内条状高信号(箭)。

肿块。

脑脊液漏和假性脊膜膨出 2 例, 分布在螺钉后部和椎板周围, 呈囊样均匀信号, 边界清晰, 其信号与脑脊液信号一致。

肿瘤复发 1 例, 其信号改变与原肿瘤信号趋于一致, 呈长 T₁、稍长 T₂ 改变。

讨 论

脊柱生物力学研究和材料科学的不断发展, 促进了脊柱内固定技术的巨大进步。钛合金材料具有良好的生物相容性, 且不具有铁磁性, 检查时无螺钉移位的危险, 也不会产生明显的热磁效应^[1]。本组 49 例患者在行 MRI 检查过程中及检查后均未诉不适。

脊柱内固定技术现广泛应用于脊柱退行性疾病、脊柱肿瘤、创伤以及感染等疾病的内固定手术治疗中, 其中最常用的是椎弓根螺钉内固定系统^[2]。但在实际运用中由于诸多因素会导致内固定位置不佳、甚至失败和产生一些并发症, 给患者术后生活带来痛苦。因此, 正确评价手术后内固定植入位置, 诊断术后并发症, 为后期治疗提供更准确的影像学诊断显得尤为重要。

由于平片只能获得内固定的二维重叠影像, 不能显示内固定物的横轴面走行及与邻近软组织的关系; CT 由于容积效应和金属伪影较大, 也无法清晰分辨内固定物与周围组织的关系, 而且两者均不能显示患者椎管内脊髓的情况; 而 MRI 对脊柱、椎管、脊髓病变的诊断均有良好的优势, 合理运用 MRI 技术克服金属磁敏感伪影, 能较好地评价脊柱内固定术后改变。

1. 脊柱内固定术后 MRI 扫描技术优化

任何物质都有其固有的磁敏感性, 当一个体素内如果含有不同磁敏感性物质时, 则在这些物质的界面上会产生磁敏感梯度, 磁敏感梯度导致附近质子失相位而产生图像的几何变形和信号丢失^[3], 即所谓的磁敏感伪影, 伪影的大小直接关系到图像的质量。

本组病例通过改变频率编码方向, 发现伪影与此有很大的相关性, 当频率编码方向与螺钉长轴走形一致时伪影直径范围很小, 椎体皮质、椎弓根、椎管和脊髓仍可清晰显示; 而改变频率编码方向为与螺钉长轴方向垂直时伪影显著扩大, 邻近骨皮质、部分椎管结构显示不清。Frazzini 等^[3]在水模试验中, 也证实频率编码方向与螺钉长轴一致时伪影被控制在了最小范围。扫描定位线一般最好与螺钉的走形一致, 其目的是为了能让频率编码方向与螺钉有很好的一致性。

除此之外, 影响螺钉伪影的参数可能还有很多, 诸如 TE、回波链长度、带宽、视野、K 空间填充等。但胡丽丽等^[1]报道回波链长度、采集次数、TE 等在 FSE 序列中对螺钉伪影的影响不大, 仅仅是图像信噪比的改变, 而视野与带宽的加大可引起伪影增大, 但其仍发现频率编码方向的改变对伪影的影响最明显。关于其它因素对磁敏感伪影的影响, 有待以后临床运用中不断去检验和证实, 以达到图像的更优化。

2. MRI 对脊柱内固定术后的诊断价值和限度

脊柱内固定手术也存在一定的并发症, 较常见的有硬膜外静脉丛出血、术后感染、瘢痕形成及椎管狭窄、脑脊液漏及假性脊膜膨出、粘连性蛛网膜炎、内固定失败等^[4]。此外, 可能还存在原有疾病所致的继发改变, 如椎体骨折、脊髓挫伤后出现缺血软化灶等。

硬膜外瘢痕增生是椎管手术后的基本病理变化,

被认为是产生术后并发症的重要原因之一,也是影像诊断的难点之一。以往有统计采用 CT、CT 椎管造影和增强 CT 进行鉴别,诊断符合率为 43%~74%,而应用 MRI 的诊断符合率提高到了 79%~80%^[5]。MRI 可清晰显示椎管狭窄的部位和受压的脊髓和神经根,在 T₁WI 和 T₂WI 均可发现椎管和蛛网膜下腔的不均匀信号。

脊髓受压或创伤后往往继发出血、水肿,局部缺血等,其后期改变形成软化灶甚至脊髓空洞,MRI 上表现为 T₁WI 上呈低信号,T₂WI 上高信号,MRI 诊断有很高的敏感性。

脑脊液漏及假性脊膜膨出,通常是以与蛛网膜下腔相通与否作为判断标准,有作者^[6]认为以脊髓造影和 CT 脊髓造影效果更为理想。但笔者认为如果能很好地克服金属磁敏感伪影,行 MR 检查对鉴别脑脊液漏和假性脊膜膨出有很大地帮助,同时对蛛网膜炎的诊断也是很有益的。

螺钉位置的判断一般以横轴面图像进行诊断相对较准确,当表现为中间为宽带状低信号或无信号而两边为窄带状高信号时,提示此层面肯定为螺钉的位置,周边窄带高信号区域则为螺钉与骨皮质的交界处。结合矢状面图像,必要时辅以冠状面图像,对螺钉位置的判断基本准确。本组发现了 12 例内固定位置不佳。但在判断内固定轻度松脱及断裂时 MRI 并不敏感,尚需结合平片和 CT 检查。本组即有 1 例患者,因一侧内固定螺钉断裂导致脊柱再次滑脱,即使仔细对照平片和 CT 图像,仍找不出断裂的 MRI 征象。

总之,MRI 具有多平面、多方位、多参数成像的特点及对脊髓等软组织有极佳的分辨力,能直观立体地全面评价手术效果,对手术残存症状进行影像学观察、确定后期治疗方案有非常重要的指导作用。本组有 5 例椎管狭窄患者再次行松解减压术后症状均得到去除或缓解。

3. 总结与展望

随着脊柱内固定技术的不断进展和更广泛的临床使用,给影像学科的发展提出了新的要求。MRI 技术在脊柱学科诊断领域具有巨大的优势,然而在克服金属磁敏感伪影技术方面还不够成熟,本研究工作在这

方面也还显得单薄。从理论上来说,要减少伪影,可以在伪影这一信号产生前把它抑制掉,或在产生之后通过数据处理进行滤过。Pipe^[7]于 1999 年首先提出了一种新的减少运动伪影的数据采集和图像重建方法,称之为“周期性旋转重叠平行线采集和增强后处理重建方法”,简称 PROPELLER 技术,后来 2002 年 Forbes 等^[8]仅在临床中发现此技术结合平面回波技术用于急性脑梗死检查时,能显著减少图像的运动伪影和金属磁敏感伪影。国内戈明媚等^[9]报道 PROPELLER 技术在克服磁敏感伪影方面确实有一定的价值。相信随着 MRI 软硬件的不断发展以及更多的 MRI 技术人员的不断发掘和探索,相信金属磁敏感伪影将不再是困扰内固定术后 MRI 诊断的问题。

参考文献:

- [1] 胡丽丽,陈昌胜,张冰等. 金属植入物在体模状况下的 MRI 研究[J]. 中国医学物理学杂志,2003,20(1):13-16.
- [2] 陈仲强,于泽生. 脊柱内固定技术的现状与发展[J]. 中国医学杂志,2006,86(25):1729-1730.
- [3] Frazzini VI, Kagetsu NF, Johnson CE, et al. Internally Stabilized Spine: Optimal Choice of Frequency-encoding Gradient Direction During MR Imaging Minimizes Susceptibility Artifact from Titanium Vertebral Body Screws[J]. Radiology, 1997, 204(1): 268-272.
- [4] 戴力扬. 脊柱手术常见并发症的影像学表现[J]. 颈腰痛杂志, 2002, 23(3): 257-259.
- [5] Bundshuh CV, Slusser JH. Distingshing between Scar and Recurrent Herniated Disc in Postoperative Patients, Value of Contrast-enhanced CT and MR Imaging[J]. Am J Neuroradiol, 1995, 37(1): 660-666.
- [6] Bozzao A, Galucci M, Masciocchi C, et al. Lumbar Disk Herniation: MR Imaging Assessment of Natural History in Patients Treated without Surgery[J]. Radiology, 1992, 185(1): 135-141.
- [7] Pipe JG. Motion Correction with PROPELLER MRI: Application to Head Motion and Free-breathing Cardiac Imaging[J]. Magn Reson Med, 1999, 42(5): 963-969.
- [8] Forbes KP, Pipe JG, Karis JP. Improved Image Quality and Detection of Acute Cerebral Infarction with PROPELLER Diffusion-weighted MR Imaging[J]. Radiology, 2002, 225(2): 551-555.
- [9] 戈明媚,刘志钦,王秋良,等. 磁共振 PROPELLER 技术消除伪影的临床应用[J]. 放射学实践, 2006, 21(8): 844-846.

(收稿日期:2007-01-29 修回日期:2007-04-23)