

IDEAL 技术在脊柱病变的应用

任爱军, 郭勇, 田树平, 郑奎宏, 黄敏华

【摘要】 目的:对 IDEAL 技术与频率选择饱和法 FSE 序列 T_2 WI 脂肪抑制效果进行比较,探讨 IDEAL 技术在脊柱磁共振成像方面的应用价值。**方法:**35 例脊柱病变患者行常规磁共振检查,频率选择饱和法进行矢状面 T_2 WI 脂肪抑制扫描,采用 IDEAL 技术行矢状面 T_2 WI 扫描,对两种方法的脂肪抑制效果、图像总体质量评分进行比较,并且比较两种方法椎体和脊髓的信噪比效率。**结果:**所有患者的 IDEAL FSE- T_2 WI 脂肪抑制效果均匀、可靠,图像质量清晰、信噪比高,脂肪抑制评分为 2.96,图像质量评分为 2.9,椎体信噪比效率为 2.83 ± 0.28 ,脊髓信噪比效率为 8.69 ± 0.63 ;频率选择法 FSE- T_2 WI 脂肪抑制图像的脂肪抑制效果评分为 1.8,图像质量评分为 2.1,椎体信噪比效率为 1.82 ± 0.28 ,脊髓信噪比效率为 5.99 ± 0.35 。各项间差异都有显著性意义 ($P < 0.05$)。**结论:**与频率选择饱和法脂肪抑制相比,IDEAL FSE- T_2 WI 能提供均匀可靠的脂肪抑制效果、清晰的图像质量和高信噪比图像,IDEAL 技术可以在脊柱病变的磁共振检查中常规应用并具有良好的应用前景。

【关键词】 脊柱疾病; 磁共振成像; 诊断技术和方法

【中图分类号】 R445.2; R681.5 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2011)10-1096-04

Preliminary study of spine MR imaging using IDEAL technique REN Ai-jun, GUO Yong, TIAN Shu-ping, et al. Department of Radiology, Navy General Hospital, PLA, Beijing 100048, P. R. China

【Abstract】 Objective: To compare the iterative decomposition of water and fat with echo asymmetry and least-squares estimation (IDEAL) technique with fat-saturated T_2 -weighted (T_2 WI) fast spin-echo (FSE) MR imaging of the spine, in order to study the value of IDEAL technique in spinal MR imaging. **Methods:** Routine MRI was performed in thirty-five patients with various spine lesions, fat-saturated T_2 W FSE images of sagittal plane were compared with T_2 W IDEAL-FSE sagittal images. The effects of fat suppression and the overall image qualities were scored, and their measured signal-to-noise ratio (SNR)-efficiencies of the proximal vertebral body and spinal cord were compared. **Results:** In all of the patients, the IDEAL FSE- T_2 WI showed uniform and reliable fat suppression, good image quality and high SNR. The scores of fat suppression, image quality and SNR measurements of vertebral body and spinal cord was 2.96, 2.9, 2.83 ± 0.28 , 8.69 ± 0.63 respectively on T_2 W IDEAL-FSE images, and 1.8, 2.1, 1.82 ± 0.28 , 5.99 ± 0.35 respectively on fat-saturated T_2 W FSE images. T_2 W IDEAL-FSE was superior to fat-saturated T_2 W FSE on fat suppression ($P < 0.05$), image quality ($P < 0.05$) and higher SNR-efficiencies performance ($P < 0.05$). **Conclusion:** Compared with fat-saturated T_2 W FSE, IDEAL could provide more reliable and uniform fat suppression, better image quality and higher SNR-efficiency. IDEAL is a promising technique and could be routinely used in spine imaging.

【Key words】 Spinal diseases; Magnetic resonance imaging; Diagnostic techniques and procedures

磁共振检查广泛应用于脊柱病变的诊断及鉴别诊断,多数情况下对脊柱病变进行磁共振影像学评价的一个前提是良好的脂肪抑制效果。多种原因会造成磁场的均匀,这使得目前广泛采用的频率选择饱和法脂肪抑制技术不能有效均匀地抑制脂肪信号。新近出现的采用非对称回波的最小二程估算法迭代水脂分离 (iterative decomposition of water and fat with echo asymmetric and least-squares estimation, IDEAL) 技术为一种全新的 DIXON 法水脂分离成像技术^[1]。它能够有效克服磁场不均匀性的影响,彻底地将水和脂肪分离开,使脂肪抑制均匀可靠,实现脊柱病变的清晰显示。本研究对 IDEAL 技术与频率选择饱和法 FSE

序列 T_2 WI 脂肪抑制效果进行比较,对 IDEAL 技术在脊柱病变的应用价值进行初步评价。

材料与方法

随机选取因各种原因在本院做磁共振检查的病例 35 例,颈椎 8 例,胸椎 8 例,腰椎 19 例;脊柱、椎间盘退变 19 例,椎体良性压缩骨折 8 例,椎体转移瘤 8 例,男 18 例,女 17 例,年龄 22~84 岁,平均 58.6 岁。

MR 扫描采用采用 GE 公司 Signa EXCITE 3.0T HDX 磁共振扫描仪,采用头颈联合线圈及相控阵脊柱线圈。所有病例都行常规矢状面 T_1 WI、 T_2 WI、轴面 T_2 WI、矢状面 T_2 WI 脂肪抑制扫描以及 IDEAL T_2 WI 扫描。只对矢状面 T_2 WI 快速自选回波 (FSE) 频率选择饱和法脂肪抑制和 IDEAL 方法的水像 (脂肪抑制) 进行比较。矢状面 T_2 W IDEAL-FSE 参数:TR

作者单位:100048 北京,北京海军总医院医学影像科

作者简介:任爱军(1972-),男,天津蓟县人,硕士,副主任医师,主要从事神经系统影像诊断研究工作。

2200 ms, TE 85 ms, 视野 30 cm×30 cm, 矩阵 320×192, 带宽+62.5 kHz, 层厚 3 mm, 层间距 1 mm, 激励次数 2。扫描时间 3 分 18 秒左右。矢状面频率选择饱和和脂肪抑制的 TE 为 102 ms, 激励次数为 4, 其余参数同 IDEAL 序列, 扫描时间为 2 分 12 秒。IDEAL 序列扫描完成后同时重建 1 min 内得到水像(脂肪抑制像)、脂像、正相位及反相位像。所有序列扫描前常规自动进行匀场。

图像脂肪抑制效果及图像整体质量评价:由两位有经验的放射科医师用 4 分制法在不知道图像序列的情况下对图像脂肪抑制效果进行评分,意见不一致,结果通过共同协商得出。0 分指脂肪抑制效果太差,图像无法诊断;1 分指脂肪抑制效果差,提供部分诊断信息;2 分指脂肪抑制效果良好,无诊断信息丢失;3 分指脂肪抑制效果优秀。同时对整体图像质量评价。0 分指无法诊断;1 分指图像质量差,提供部分诊断信息;2 分指图像质量良好;3 分指图像质量优秀。

信噪比效率比较:在频率选择饱和和脂肪抑制及 IDEAL 技术脂肪抑制正中矢状面图像上,对同一水平椎体、脊髓、背景噪声区分别设置感兴趣区(ROI),每个 ROI 面积约 80 个像素左右,利用 MR 机的 COPY 软件功能使同一患者的 ROI 一致,测量信号强度值(SIA)和背景信号的标准差(sn)。为修正两种序列扫描时间不同对图像信噪比的影响,特计算两种方法的信噪比效率。信噪比定义为椎体和脊髓的信号强度与背景信号的标准差之比($SNR = SIA/sn$)。信噪比效

率定义为信噪比与扫描时间的平方根之比。

使用 SPSS 13.0 统计学软件对所得资料进行分析处理,图像脂肪抑制效果及图像整体质量评分、信噪比效率的比较采用配对 t 检验, $P < 0.05$ 为差异有显著性意义。

结 果

采用 IDEAL 技术一次扫描同时得到水像(脂肪抑制)、脂像、正相位及反相位像(图 1)。IDEAL 序列的图像质量评分为 2.9,与频率选择法(2.1, $P < 0.05$)相比有显著性差异,同时正相位图像的化学位移伪影减少。与频率选择法脂肪抑制像相比,所有患者的 IDEAL FSE-T₂WI 水脂分离彻底,脂肪抑制效果均匀一致,特别是在组织结构交界处、偏中心区域、金属置入物等情况,水脂分离效果优秀(图 2~4)。脂肪抑制效果评分平均为 2.96,与频率选择法脂肪抑制评分(1.8, $P < 0.05$)相比有显著性差异。T₂WI IDEAL-FSE 椎体的信噪比效率为 2.83 ± 0.28 、脊髓的信噪比效率为 8.69 ± 0.63 ,与频率选择法脂肪抑制 T₂WI 像(椎体信噪比效率为 1.82 ± 0.28 , 脊髓信噪比效率为 5.99 ± 0.35 , $P < 0.05$)相比都有显著性差异。脂肪抑制评分、图像质量评分及信噪比效率见表 1。

讨 论

磁共振由于其多平面成像的特点和良好的组织对比能力,已成为脊柱病变最重要的检查方法。椎体骨



图 1 采用 IDEAL 技术一次扫描得到多种对比图像。水-脂分离彻底,信噪比高,同相位图像化学位移伪影减少。a) 水像; b) 脂像; c) 同相位像; d) 反相位像。



图 2 FSE 序列矢状面 T_2 WI。

a) 采用 IDEAL 技术水像图示脂肪抑制均匀, 频率选择法中颈部皮下脂肪、斜坡骨髓由于不规则的几何形态以及空气脂肪交界区造成磁场不均匀, 脂肪信号未被完全抑制(箭); b) 频率选择饱和法脂肪抑制像。

图 3 肺癌椎体转移。FSE 序列矢状面 T_2 WI。a) IDEAL 技术水像; b) 频率选择饱和法脂肪抑制像。上部偏扫描野中心部位脂肪信号抑制不彻底(箭)。IDEAL 技术没有这一现象。

图 4 外伤胸椎骨折金属内固定术后患者。FSE 序列矢状面 T_2 WI。a) IDEAL 技术水像; b) 频率选择饱和法脂肪抑制像。由于金属螺钉的存在导致主磁场不均匀, 频率选择法伪影明显、脂肪抑制不均匀不完全(箭)。IDEAL 技术有效克服金属螺钉的影响, 脂肪抑制完全、均匀。

表 1 IDEAL 技术及频率选择法的比较

比较项目	IDEAL	频率选择法
脂肪抑制效果	2.96	1.8
图像质量	2.9	2.1
椎体信噪比效率	2.83 ± 0.28	1.82 ± 0.28
脊髓信噪比效率	8.69 ± 0.63	5.99 ± 0.35

注: $P < 0.05$

髓、硬膜外、脊柱周围都存在大量的脂肪成分, 在 FSE 序列 T_1 WI、 T_2 WI 都呈明显的高信号, 有时会使得病变的显示和范围的界定产生困难。应用脂肪抑制技术特别是在 T_2 WI 上可以有效抑制来自脂肪的信号, 从而突出显示病变。但是, 在某些情况下应用传统的脂肪抑制技术难以获得满意的脂肪抑制效果。目前, 在高场磁共振机上广泛采用的是频率选择饱和法脂肪抑制技术。该技术利用的是水和脂肪的进动频率不同,

在成像序列的激发脉冲之前, 施加带宽较窄的脂肪饱和预脉冲, 它的频率与脂肪质子的进动频率一致, 脂肪组织发生饱和现象, 这时再施加真正成像的射频脉冲, 脂肪组织因为饱和不再接受能量, 因而不产生信号, 从而达到抑制脂肪信号的目的。该技术的主要缺点是场强的依赖性高; 对磁场的均匀性要求很高; 大 FOV 时, 周边组织脂肪抑制效果差^[2]。而最近出现的 IDEAL 技术能有效克服磁场不均匀对脂肪抑制效果的影响。

IDEAL 技术为一种改进的三点式 DIXON 水脂分离成像技术^[1]。DIXON 技术最早于 1984 年由 DIXON 介绍应用^[3], 多年来其成像方法不断改进, 由最初的两点采集发展至 3 点采集^[4,5]。以往三点式 DIXON 水脂分离成像技术是在 90° 激发射频脉冲后, 施加相同的 180° 相位回聚脉冲, 分别在 $-\pi, 0, \pi$ 时间

点采集 3 次回波信号,采集的图像信息经过处理计算,计算水和脂肪的相位值,确定每个像素中水和脂肪的相位,就可以得到只含有水的图像和只含有脂肪的图像。这一技术可以克服磁场的不均匀性带来的影响,清晰地显示水脂边界,水脂分离彻底^[4-7]。三点法的特点是采集的 3 个回波中中间一个信号与传统的 SE/FSE 序列采集的时间相同,另两个是对称性地处于这个信号的两边。有研究表明在三点法水脂分离中,水脂分离的程度关键取决于水和脂肪的含量,以及这些信号采集的位置。一个像素内水和脂肪的含量相近时,水和脂肪的信号分离就会不完全,组织结构交界区域显示模糊,有些结构的信噪比明显降低^[8]。而 IDEAL 技术中间的信号采集的时间点在 $\pi/2 + n\pi$ (n = 任意整数),其他两个信号采集的偏移时间在 $-2\pi/3$ 和 $2\pi/3$,后处理计算采用迭代最小二程估算法,可以保证任意的水脂比例都可以进行精确的水脂分离。它属于非对称性采集,在自旋回波和快速自旋回波中,为了保证最短的扫描时间,临床常用的采集时间点是一 $\pi/6$ 、 $\pi/2$ 、 $7\pi/6$ 或者 $-7\pi/6$ 、 $-\pi/2$ 、 $\pi/6$ 。它可以充分克服传统 3 点法水脂分离的缺点,保证足够的信号强度,组织结构交界处清晰,水脂分离彻底,彻底摒弃外界干扰对水脂分离的影响。同时,通过后处理软件计算还可以得到重建的同相位图像和反相位图像,即 IDEAL 一次扫描可以得到水像(脂肪抑制)、脂像、同相位像和反相位像。

已有的研究表明 IDEAL 技术可以兼容多种序列^[1,9,10],如自旋回波(SE)、快速自旋回波(FSE)、稳态进动序列(SSFP)、扰相梯度回波(GRE),可以应用于 T_1 WI、 T_2 WI、质子密度加权像,并在多部位得到了应用。以往的研究显示 IDEAL 可以克服金属植入物的影响,获得良好的脂肪抑制效果,清楚显示脊柱病变^[11]。我们的研究表明不仅在金属植入物的情况下,另外在大范围扫描、偏中心扫描、不同组织结构交界区等造成磁场不均匀的情况下,应用 IDEAL 技术都能获得完美的图像质量和更好的脂肪抑制效果。在脊柱的磁共振成像上,IDEAL 技术与快速自旋回波 T_2 WI 结合可以获得均匀一致、可靠的脂肪抑制效果,与频率选择饱和法相比可得到更高的图像质量、更高的信噪比效率、更好的脂肪抑制效果。

当然,采用 IDEAL 一次扫描可以得到水像(脂肪抑制)、脂像以及重建的同相位像、反相位像等共 4 种图像。虽然本研究的重点不是同相位像,但是我们获得的同相位图像明显减少了化学位移伪影,图像质量类似于传统的 T_2 WI,同相位图像有可能替代传统的 T_2 图像,这就可以简化磁共振扫描方案,节省扫描时间,与 T_2 像相比,有无诊断信息的丢失需要进一步的

研究。对于其它 3 种图像的质量、对各种病变的诊断优势以及利用水脂分离进行脂肪定量分析方面是我们今后进一步研究的方向。

IDEAL 技术一个主要缺点是扫描时间的增加,因为为了进行充分的水脂分离,它需要一次扫描 3 次采集回波信号,扫描时间是同样参数的频率选择饱和法的 3 倍。以往的文汇报导在 1.5T 机器上,扫描时间在 5~6 min。我们的研究显示在 3.0T 上由于软硬件技术的进步,成像时间可以控制在 3 min 左右,同时保持了良好的脂肪抑制效果和图像质量。而且,IDEAL 可以一次获得 4 种图像,并且具有优化扫描方案的潜力,整个成像时间反而会缩减,因此,扫描时间不再是限制 IDEAL 应用的因素。

总之,IDEAL 是一种能够有效克服磁场的不均匀性,提供均匀可靠的脂肪抑制效果的成像技术,在脊柱病变的磁共振检查中有良好的应用前景。

参考文献:

- [1] Reeder SB, Pineda AR, Wen Z, et al. Iterative decomposition of water and fat with echo asymmetry and least-squares estimation (IDEAL): application with fast spin-echo imaging[J]. Magn Reson Med, 2005, 54(3): 636-644.
- [2] 杨正汉, 冯逢, 王霄英. 磁共振成像技术指南[M]. 北京: 人民军医出版社, 2007. 188-189.
- [3] Dixon WT. Simple proton spectroscopic imaging[J]. Radiology, 1984, 153(1): 189-194.
- [4] Glover GH. Multipoint Dixon technique for water and fat proton and susceptibility imaging[J]. J Magn Reson Imaging, 1991, 1(5): 521-530.
- [5] Glover GH, Schneider E. Three-point Dixon technique for true water/fat decomposition with B_0 inhomogeneity correction[J]. Magn Reson Med, 1991, 18(2): 371-383.
- [6] Rybicki FJ, Chung T, Reid J, et al. Fast three-point Dixon MR imaging using low-resolution images for phase correction: a comparison with chemical shift selective fat suppression for pediatric musculoskeletal imaging[J]. AJR, 2001, 177(5): 1019-1023.
- [7] Ma J, Singh SK, Kumar AJ, et al. Method for efficient fast spin echo Dixon imaging[J]. Magn Reson Med, 2002, 48(6): 1021-1027.
- [8] Pineda AR, Reeder SB, Wen Z, et al. Cramer-Rao bounds for 3-point decomposition of water and fat[J]. Magn Reson Med, 2005, 54(3): 625-635.
- [9] Reeder SB, Markl M, Yu H, et al. Cardiac cine imaging with IDEAL water-fat separation and steady-state free precession[J]. J Magn Reson Imaging, 2005, 22(1): 44-52.
- [10] Reeder SB, McKenzie CA, Pineda AR, et al. Water-fat separation with IDEAL gradient-echo imaging[J]. J Magn Reson Imaging, 2007, 25(3): 644-652.
- [11] Murakami M, Mori H, Kunitatsu A, et al. Postsurgical spinal magnetic resonance imaging with iterative decomposition of water and fat with echo asymmetry and least-squares estimation[J]. J Comput Assist Tomogr, 2011, 35(1): 16-20.