

Endorectal diffusion-weighted imaging of prostate: feasibility study

GUO Xue-mei^{1,2}, WANG Xiao-ying^{1,2*}, CUI Zhi-wei², LI Fei-yu^{1,2}, JIANG Xue-xiang^{1,2}

(1. Department of Radiology, Peking University First Hospital, Beijing 100034, China;

2. Functional Imaging Center, Advanced Academy of Interdisciplinary Sciences, Peking University, Beijing 100034, China)

[Abstract] Objective To study the feasibility of 1.5T endorectal diffusion weighted imaging of prostate gland, compared with DWI obtained by phase array coil. Methods Twenty cases of patients who had both endorectal DWI and phase array DWI were randomly selected. The space resolution and the signal to noise ratio (SNR) of two types of diffusion weighted images were compared. The ADC values of prostate were recorded manually and by a third-party software to analyze the accuracy of the endorectal ADC value. Results The space resolution of the endorectal DWI was significantly higher than the phase array DWI without significant difference in SNR. The ADC value of a certain pixel was not different from phase array ADC value, when the distance from the pixel to the front surface of the endorectal coil was less than 22.9 mm. The two types ADC values of the peripheral zone had no statistical difference and were highly correlated with the correlation coefficient of 0.820. Conclusion The space resolution of the endorectal DWI was high but the ADC value was useable in a restricted region.

[Key words] Prostate; Magnetic resonance imaging; Endorectal coil

以直肠内线圈进行前列腺扩散加权成像的可行性研究

郭雪梅^{1,2}, 王霄英^{1,2*}, 崔志伟², 李飞宇^{1,2}, 蒋学祥^{1,2}

(1. 北京大学第一医院医学影像科, 北京 100034;

2. 北京大学前沿交叉学科研究院功能成像研究中心, 北京 100034)

[摘要] 目的 以腹部相控阵线圈获得的前列腺常规 DWI 成像为标准, 研究以 1.5T 磁共振系统进行直肠内线圈 DWI 成像所得前列腺 ADC 值的准确性。方法 随机选择 20 例同时进行了常规 DWI 和直肠内 DWI 的前列腺病例, 比较两种 DWI 图像的空间分辨率和信噪比。以第三方软件逐点测量前列腺的 ADC 值, 并手动测量 ADC 值, 与常规方法所得 ADC 值进行对比, 分析直肠内线圈所得 ADC 值的可用性。结果 直肠内 DWI 的空间分辨率明显高于常规 DWI, 两种 DWI 信噪比无显著性差异。观察获得的散点图, 发现与直肠内线圈表面相距 22.9 mm 以内的 ADC 值与常规 ADC 值差异不大。在前列腺外周带手工测量两种 ADC 值, 无统计学差异, 相关系数为 0.820。结论 前列腺直肠内线圈 DWI 图像分辨率高, 但仅距离线圈前表面约 22.9 mm 以内的 ADC 值与常规 ADC 值具有可比性。

[关键词] 前列腺; 磁共振成像; 直肠内线圈

[中图分类号] R697.3; R445.2 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2008)04-0581-04

磁共振检查在前列腺疾病的诊断、分期和疗效评价中起到了至关重要的作用, 随着直肠内线圈的应用, 图像分辨率明显增加, 使前列腺局部解剖结构显示得更为清晰, 并获得了高质量的三维磁共振波谱^[1]。本研究试图采用直肠内线圈进行前列腺扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI), 以期提高图像分辨率, 并与腹部相控阵线圈获得的常规 DWI (文中简称为常规 DWI) 进行比较, 探讨直肠内 DWI 成像的

可行性及 ADC 值测量规律。

1 资料与方法

1.1 病例选择 2007 年 1) 3 月, 随机选择在本院进行前列腺 MR 检查(包括直肠内线圈检查)的 20 例病例。年龄 38~89 岁, 平均(67.5±9.8)岁。前列腺前后径线 30~78 mm, 平均值为(58.3±14.5) mm; 左右径 42~70 mm, 平均值为(60.1±15.8) mm; 上下径 36~88 mm, 平均值为(69.1±17.3) mm。

1.2 仪器与扫描方案 使用 GE 1.5T HD 磁共振扫描仪行常规 MRI、常规 DWI 和直肠内 DWI 检查。

线圈放置: 患者检查前 1 天进食少渣饮食并口服缓泻剂, 以保证直肠内清洁。常规 MRI 与常规 DWI 检查采用体线圈

[作者简介] 郭雪梅, (1978-), 女, 天津人, 硕士, 主治医师。研究方向: 体部磁共振诊断。E-mail: guoxuemei126@126.com

[通讯作者] 王霄英, 北京大学第一医院医学影像科, 100034。

E-mail: cjr.wangxiaoying@vip.163.com

[收稿日期] 2007-10-09 [修回日期] 2007-11-09

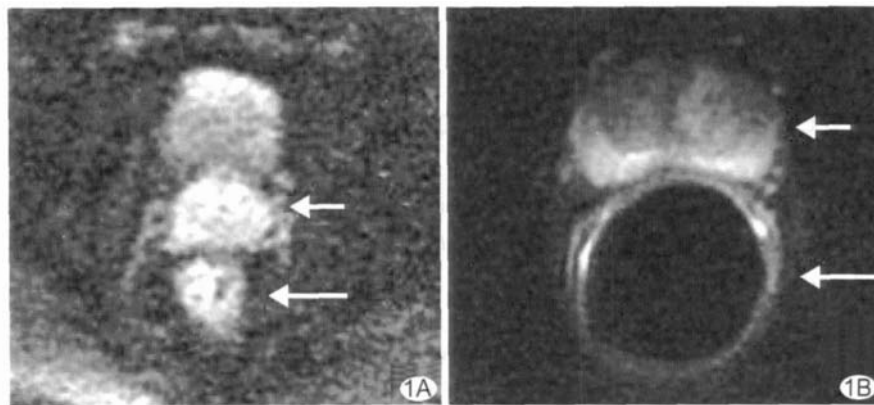


图 1 常规 DWI(A)与直肠内 DWI(B) 图中短箭为前列腺,长箭为直肠,直肠内 DWI 的空间分辨率明显高于常规 DWI,但距离直肠内线圈前表面较远的部分信号衰减严重

为射频发射线圈,以腹部相控阵线圈为接收线圈。直肠内 DWI 检查时将直肠内线圈和腹部相控阵线圈联合使用。置入直肠内线圈时嘱患者张口呼吸,腹部放松,将线圈缓慢置入直肠内。确认位置合适后向球囊内注入 30~100 ml 空气,使线圈紧贴在前列腺的后方。

前列腺局部行轴位和冠状压脂快速自旋回波 FSE T2WI, TR 3500 ms, TE 129.8 ms, 回波链 19, 层厚 4 mm, 层距 1 mm, 视野(FOV) 300 mm @300 mm, 激励次数(NEX) 4, 矩阵 320 @224。并行薄层 T1WI, TR 620 ms, TE 7 ms, 层厚 4 mm, 层距 1 mm, FOV 300 mm @300 mm, NEX 2, 矩阵 320 @224。从前列腺基底底部至主动脉分叉水平行轴位 T1WI, 并行盆腔正中矢状位 FSPGR T1WI, TR 220 ms, TE 2.4 ms, 层厚 10 mm, 层距 1 mm, FOV 360 mm @360 mm, NEX 0.5, 矩阵 320 @224。

常规 DWI 检查使用单次激发 EPI 序列,在前列腺和精囊范围内行轴位扫描, TR 3500 ms, TE 65.3 ms, FOV 260 mm @260 mm, 矩阵 128 @128, 层厚 6 mm, 层间隔 0 mm, NEX 4。b 值(扩散敏感系数)采用 0 和 800 s/mm², 取层面选择、频率编码、相位编码 3 个方向,扫描时间 1 min 12 s。

直肠内 DWI 使用单次激发 EPI 序列,在前列腺范围内行轴位扫描, TR 6350 ms, TE 73.8 ms, FOV 130 mm @130 mm, 矩阵 128 @128, 层厚 3 mm, 层间隔 0 mm, NEX 4。b 值采用 0 和 800 s/mm², 取层面选择、频率编码、相位编码 3 个方向,扫描时间 2 min 40 s。

1.3 测量及评价方法 采用北京大学前沿交叉学科研究院编写的 Ximpro 软件测量前列腺 ADC 值。每位患者选取前列腺上、中、下三个层面,沿前列腺包膜手工绘制感兴趣区(region of interest, ROI),上述软件可将 ROI 内每个像素点的 ADC 值连同其相应的位置坐标同时输出。分别将两种成像方法相应层面的前列腺外形进行刚性配准,标准化坐标轴,取每个患者左右两侧各宽约 3 mm 的前列腺组织的 ADC 值,以距离直肠内线圈前表面的距离(y 轴坐标)为横轴,以逐点 ADC 值为纵轴,绘制两种方法 y 轴坐标与各点 ADC 值的分布散点图。用 Ximpro 软件获得前列腺中间层面信号强度平均值及空气的信号强度标准差,相除得到前列腺图像的信噪

比(SNR)。

手工测量前列腺外周带 ADC 值:每位患者选取前列腺上、中、下三个层面,在 GE functool 工作站上手工绘制 ROI,测量左右两侧外周带 ADC 值最低处,各测量 3 次,取平均值。ROI 面积约 30 mm², 尽量避开血管、出血或钙化灶。

1.4 统计学分析 两种 DWI 图像的 SNR 采用配对 t 检验。目测获得的 ADC 值分布散点图,确定两种 ADC 值产生较大差异的距离临界点。将距离临界点按左、右及上、中、下分别分组,进行组间两两比较,采用独立 t 检

验。手工测量的两种 ADC 值进行配对 t 检验,并进行 Pearson's 相关分析。所有数据以 SPSS 10.0 软件包进行统计学处理。认为 P < 0.05 具有统计学意义。

2 结果

2.1 DWI 图像质量

图像分辨率:两种 DWI 的成像矩阵均为 128 @128,但直肠内 DWI 的 FOV 为 130 mm @130 mm,是常规 DWI(260 mm @260 mm)的一半,即,直肠内 DWI 的线性分辨率是常规 DWI 的 2 倍(图 1)。

图像信噪比:常规 DWI 和直肠内 DWI 获得的前列腺信噪比($\bar{x} \pm s$)分别为 11.86 ± 1.99 和 13.07 ± 1.14,进行配对 t 检验, t 值为 3.045, P 值为 0.007。常规 DWI 图像信号均匀。直肠内 DWI 图像的信号强度与距直肠内线圈前表面的距离呈反比,距离越近、信号越强,距离越远、信号越弱(图 2)。

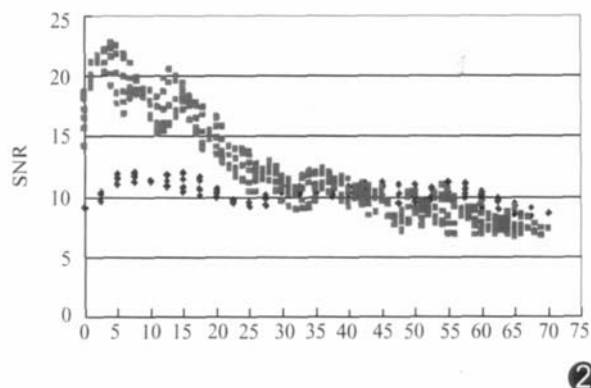


图 2 患者前列腺中间层面右侧中心由直肠内线圈表面(y=0)至前列腺前缘(y=70)的宽约 3 mm 组织的 DWI SNR 分布图(菱形点为常规 DWI 的 SNR,方形点为直肠内 DWI 的 SNR,由于直肠内 DWI 分辨率较高,故方形点明显多于菱形点;横轴为 y 轴坐标,1 个刻度相当于 0.5 mm)

图像变形:常规 DWI 图像前列腺均未见明显变形。直肠内 DWI 图像也无明显变形,但所得前列腺的外形与常规 DWI 略有不同,是由于直肠内线圈的压迫造成的机械变形,而不是图像变形伪影(图 1)。

2.2 采用计算机软件获得的逐点 ADC 值 20 位患者左右两侧上、中、下三个层面共获得 120 个 y 轴坐标与逐点 ADC 值分布散点图, y 轴坐标 1 个刻度相当于 0.5 mm。其中之一见图 3。当体素与直肠内线圈前表面的距离超过一定临界点时, 直肠内 ADC 值明显低于常规 ADC 值, 而在临界距离之内, 两种 ADC 值差异不大。

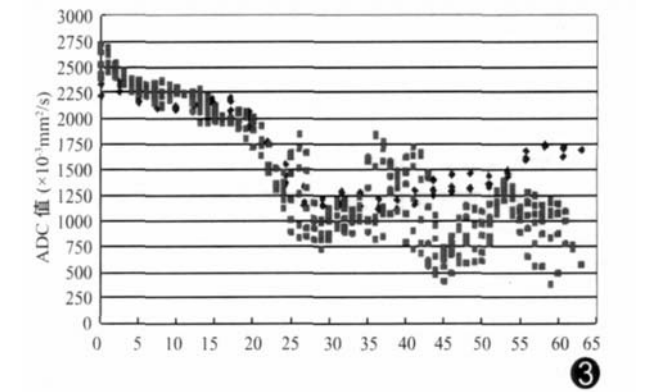


图 3 患者前列腺上层面对右侧中心由直肠内线圈表面 (y= 0) 至前列腺前缘(y= 63)的宽约 3 mm 组织的 ADC 值分布图(菱形点为常规 DWI 的 ADC 值, 方形点为直肠内 DWI 的 ADC 值, 由于直肠内 DWI 分辨率较高, 故方形点明显多于菱形点; 横轴为 y 轴坐标, 1 个刻度相当于 0.5 mm)。可见一明显临界点, 在 y 轴坐标超过 44(即与直肠内线圈表面距离超过 22 mm)之前, 两种方法的 ADC 值差异很小, 而超过 22 mm 后, 直肠内 ADC 值明显低于常规 ADC 值

经目测, 每张散点图反映的临界点稍有不同, 为 19~31.5 mm, 平均为 (22.9~2.4) mm。将 120 个临界点数值按左、右分为两组(各 60 个数据), 再按上、中、下层面分为三组(各 40 个数据), 两两进行独立 t 检验, 结果见表 1。组间差异均无统计学意义。

表 1 线圈不同位置的临界点数值($\bar{x} \sim s$)
及独立 t 检验结果

分组	临界点数值(mm)	t 值	P 值
左	22.8~2.5	左右	0.192
右	22.9~2.3		0.848
上	22.5~2.4	上下	0.241
中	23.5~2.8	上中	0.058
下	22.6~1.7	中下	0.055
总和	22.9~2.4		

2.3 手工测量获得的 ADC 值 20 位患者左右两侧上、中、下三个层面共获得 120 个外周带 ADC 值, 常规 ADC 值(平均值~标准差)为 (1.80~0.22) @10⁻³ mm²/s, 直肠内 ADC 值(平均值~标准差)为 (1.78~0.25) @10⁻³ mm²/s。两种 ADC 值进行配对 t 检验, t 值为 1.592, P 值为 0.114。两种 ADC 值进行 Pearson's 相关分析, 相关系数为 0.820, P 值小于 0.001。

3 讨论

前列腺疾病的诊断、分期和疗效评价除依靠血液 PSA 检查和肛门指诊外, 主要的检查手段为磁共振检查^[2]。除常规 MR 成像外, 一些功能成像也具有辅助作用, 如波谱分析和扩散成像, 这些技术的一个重要局限性是空间分辨率明显低于常规图像^[3-5]。为进一步提高诊断准确性, 并尽早发现体积微小的早期肿瘤, 提高图像的分辨率是必需的。而直肠内线圈恰恰可以明显增加图像分辨率, 如果能用直肠内线圈实现前列腺的扩散加权成像, 可能会使磁共振的前列腺疾病诊断更为准确, 特别是前列腺癌的早期诊断。

3.1 直肠内线圈工作原理 已有研究表明, 用直肠内线圈扫描 T2WI 时, 可显示更多的前列腺解剖细节, 对前列腺癌侵犯包膜的评价更为准确, 证明直肠内线圈对于前列腺疾病的诊断具有临床应用价值^[6-7]。但国外仅少数文献报道采用直肠内线圈进行 DWI 成像并测量 ADC 值, 且未见 ADC 值准确性的详细评估^[8]。直肠内线圈属于体内表面线圈, 由于线圈的位置非常接近前列腺, 可近似认为线圈前表面即为前列腺后缘, 而距离线圈前表面较近的部位, 图像信号较强, 距离越远, 信号越弱(图 2)。当进行定性诊断时, 这种与距离相关的信号衰减对诊断影响不大, 但 DWI 的 ADC 值可以量化地评价病变性质, 就必须严格评价直肠内 ADC 值测量是否准确, 才能将这项技术应用于临床。

3.2 DWI 图像质量分析

图像分辨率: 由于成像矩阵一致而成像范围不同, 直肠内 DWI 的体素边长是常规 DWI 的一半, 且直肠内 DWI 的层厚也是常规 DWI 的一半, 故直肠内 DWI 的体素体积是常规 DWI 的 1/8, 图像信噪比很高, 这一优势有助于发现更加细小的病变, 减少部分容积效应造成的 ADC 值测量误差。

图像信噪比: 两种 DWI 图像 SNR 有统计学差异, 直肠内 DWI 的 SNR 明显高于常规 DWI, 且本研究测量的是整个前列腺的 SNR, 包括距离直肠内线圈前表面较近和较远的体素, 实际上距离直肠内线圈较近的体素 SNR 更高。

图像变形: 由于前列腺 DWI 采用 EPI 序列进行采集, 理论上对于磁场不均匀性的敏感性较高, 可能会因为直肠内气体的存在产生变形伪影^[9]。但本研究随机选取的 20 例患者的两种 DWI 图像均未发现明显变形, 证明进行充分肠道准备是可以保证前列腺 DWI 的图像质量的^[8]。

3.3 ADC 值的准确性分析 虽然直肠内 DWI 图像随距离的信号衰减较为明显, 但本研究发现, 直肠内 ADC 图随距离增加, 并不呈线性衰减, 而是超过某一距离临界后才发生明显下降。对 120 张散点图进行目测分析, 均可发现明确的信号改变临界点。本研究将 120 个距离临界点分为左右两组进行独立 t 检验, P 值为 0.848, 即, 左右侧别对 ADC 值的测量无明显影响。而按上中下分为三组进行独立 t 检验时, 发现上、中和中、下相比的 P 值分别为 0.058 和 0.055, 虽然不具有统计学意义, 但可看出中间层面的距离临界点还是比上下层面稍大。这是因为直肠内线圈和前列腺本身均为类球形结构, 在径线最大的层面, 即中间层面, 前列腺与线圈表面贴合最紧, 故距离临界点较大。由于上、中、下层面的差异不具有统计学

意义,故可将 120 个距离临界点进行平均,认为当感兴趣区与直肠内线圈前表面距离小于 22.9 mm 时,测量所得的 ADC 值是较为准确的,可以用于临床诊断。随后,本研究又采用手工绘制 ROI 的方法测量前列腺外周带的 ADC 值,进一步证实,在邻近线圈表面的外周带,直肠内 ADC 值与常规 ADC 值之间无统计学差异。

由于正常成人的前列腺前后径约 26.4 mm^[10],而外周带位于后部,随年龄增长而出现前列腺增生时,外周带受压变薄,故可以认为,采用直肠内 DWI 获得的外周带 ADC 值都是基本可信的。

综上所述,本研究通过详细的图像分析和数据统计,证实用直肠内线圈进行前列腺扩散加权成像是可行的,图像分辨率明显提高,且在一定范围内,测量的 ADC 值准确可信。

[参考文献]

- [1] Jager GJ, Ruijter ET, van de Kaa CA, et al. Local staging of prostate cancer with endorectal MR imaging: correlation with histopathology. *Am J Roentgenol*, 1996, 166(4): 845-852.
- [2] Wang XY. The future of researching in prostate adenocarcinoma in China. *Chin J Radiol*, 2006, 40(7): 677.
王霄英. 中国前列腺癌的 MR 研究现状和发展方向. *中华放射学杂志*, 2006, 40(7): 677.
- [3] Wang XY, Zhou LP, Ding JP, et al. Quantitative analysis of prostate adenocarcinoma by magnetic resonance spectroscopy: correlation study with systemic biopsy. *Chin J Radiol*, 2004, 38(3): 268-272.
王霄英, 周良平, 丁建平, 等. 前列腺癌的 MR 波谱定量分析: 与系统穿刺活检病理对照研究. *中华放射学杂志*, 2004, 38(3): 268-272.
- [4] Guo XM, Wang XY, Li FY, et al. Diffusion-weighted MR imaging of the prostate: primary study. *Chin J Med Imaging Technol*, 2005, 21(12): 1858-1861.
- 郭雪梅, 王霄英, 李飞宇, 等. 前列腺磁共振扩散加权成像的初步研究. *中国医学影像技术*, 2005, 21(12): 1858-1861.
- [5] Li FY, Wang XY, Xu YF, et al. Age-related changes of prostate peripheral zone in healthy adults: evaluation by apparent diffusion coefficient. *J Pract Radiol*, 2006, 22(12): 1496-1499.
李飞宇, 王霄英, 许玉峰, 等. 不同年龄段正常成人前列腺外周带 ADC 值的初步研究. *实用放射学杂志*, 2006, 22(12): 1496-1499.
- [6] Wang XY, Zhou LP, Ding JP, et al. Prostate carcinoma: comparison of endorectal coil magnetic resonance imaging and torso phased array coil magnetic resonance imaging. *Chin J Med Imaging Technol*, 2003, 19(6): 727-729.
王霄英, 周良平, 丁建平, 等. 前列腺癌的磁共振成像: 直肠内线圈与腹部相控阵线圈的比较. *中国医学影像技术*, 2003, 19(6): 727-729.
- [7] Zou AH, Xu JR, Yang ZH, et al. Endorectal coil MR imaging of prostate cancer. *Chin J Med Imaging Technol*, 2004, 20(8): 1161-1163.
邹爱华, 许建荣, 杨之晖, 等. 直肠表面线圈 MRI 对前列腺癌的诊断价值. *中国医学影像技术*, 2004, 20(8): 1161-1163.
- [8] Hosseinzadeh K, Schwarz SD. Endorectal diffusion-weighted imaging in prostate cancer to differentiate malignant and benign peripheral zone tissue. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 2004, 20(4): 654-661.
- [9] Ichikawa T, Haradome H, Hachiya J, et al. Diffusion weighted MR imaging with single-shot echo-planar imaging in the upper abdomen: preliminary clinical experience in 61 patients. *Abdominal Imaging*, 1999, 24(2): 456-461.
- [10] Chinese Society for Anatomical Sciences Commission of Physical Inquiry. Values of Chinese Body Anatomical Sciences. Beijing: People's Medical Publishing House, 2002: 209-210.
中国解剖学会体质调查委员会. 中国人体解剖学数值. 北京: 人民卫生出版社, 2002: 209-210.