

不同 b 值扩散加权成像信号强度联合 表观扩散系数值在前列腺癌诊断中 临床应用分析

谢玮慧^{1,2}, 夏国金², 龚洪翰², 姜建², 曾献军²

(1 南昌大学医学院, 江西 南昌 330006; 2 南昌大学第一附属医院影像科, 江西 南昌 330006)

摘要:目的 探讨 1.5T MRI 的 DWI 信号强度和 ADC 对鉴别前列腺增生(BPH)和前列腺癌(PCa)的诊断价值。方法 回顾性分析经病理证实的 PCa 和 BPH 患者 43 例, 其中 PCa 21 例, BPH 22 例, 均已行 1.5T MRI DWI, 在 DWI 图上, 分别测量 $b=800 \text{ s/mm}^2$ 、 $b=1600 \text{ s/mm}^2$ 时 ROI 的信号强度; 在 $b=1600 \text{ s/mm}^2$ 时的 ADC 图上测量 ROI 的 ADC 值。用两独立样本 t 检验分析 PCa 组与 BPH 组 ADC 值、信号强度的差异, 用 ROC 曲线分析不同 b 值下 DWI 信号强度及 ADC 值对 PCa 的诊断效能。结果 PCa 与 BPH 在 $b=800 \text{ s/mm}^2$ 、 $b=1600 \text{ s/mm}^2$ 时的信号强度以及 $b=1600 \text{ s/mm}^2$ 时的 ADC 值之间比较差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); $b=1600 \text{ s/mm}^2$ 时的 ADC 值对 PCa 的诊断效能最高, $b=1600 \text{ s/mm}^2$ 时的 DWI 信号强度次之, $b=800 \text{ s/mm}^2$ 时的 DWI 信号强度较前两者略差。结论 DWI 信号强度与 ADC 值均有助于 PCa 的诊断, 并且 $b=1600 \text{ s/mm}^2$ 时的 ADC 值对 PCa 的诊断效能最高。

关键词:前列腺癌; 前列腺增生; 扩散加权成像; 表观扩散系数; 磁共振成像

DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2019.06.032

中图分类号: R737.25; R697+.3; R445.2 文献标志码: A 文章编号: 1002-1671(2019)06-0981-05

The clinical application of DWI signal intensity at different b values and ADC value in diagnosis of prostatic cancer

XIE Weihui^{1,2}, XIA Guojin², GONG Honghan², JIANG Jian², ZENG Xianjun²

(1 Medical College of Nanchang University, Nanchang 330006, China; 2 Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Nanchang University, Nanchang 330006, China)

Abstract: Objective To explore the value of DWI and ADC in differential diagnosis of benign prostatic hyperplasia (BPH) and prostatic cancer (PCa). **Methods** The data of 43 patients with BPH or PCa proven by histopathology were retrospectively reviewed. There were 21 patients with PCa and 22 patients with BPH. All of the patients were examined by DWI at 1.5T MRI. On the DWI, signal intensities in ROI were measured at the b value of 800 s/mm^2 and 1600 s/mm^2 , respectively. On the ADC map, ADC values in ROI were measured. The differences of the ADC values and the signal intensities of DWI were compared between the benign BPH and the PCa by using independent sample t -test. Diagnostic efficiency of the signal intensity and the ADC value for PCa were analyzed by using ROC curve. **Results** There were statistically significant differences of the ADC values and the signal intensities of DWI at the b value of 800 s/mm^2 and 1600 s/mm^2 between the BPH and the PCa ($P < 0.05$). The ADC at the b value of 1600 s/mm^2 had the highest diagnostic efficiency, the DWI at the b value of 1600 s/mm^2 took a second place, and the DWI at the b value of 800 s/mm^2 was worst. **Conclusion** DWI and ADC are helpful for the diagnosis of PCa, and ADC at b value of 600 s/mm^2 has the highest diagnostic efficiency.

Key words: prostatic cancer; benign prostatic hyperplasia; diffusion weighted imaging; apparent diffusion coefficient; magnetic resonance imaging

前列腺癌(prostatic cancer, PCa)是男性泌尿生殖系统最常见的恶性肿瘤, 占全球癌症发病第 5 位。在美国, PCa 发病率居所有男性恶性肿瘤的第 1 位, 约占

所有男性恶性肿瘤发病的 29%^[1]。近年来, 我国 PCa 的发病率呈现明显的持续增长趋势, PCa 正成为严重影响我国男性健康的泌尿系恶性肿瘤。并且随着年龄的增长, PCa 的发病率也逐渐增加^[2]。因而, 找出最恰当的临床诊断方法, 尽早地发现病灶, 准确地鉴别良恶性, 准确地做好术前分期, 对于临床的治疗与预后至关重要。随着 MRI 设备的普及, MRI 常规序列及功能成像已成为临床诊断 PCa 最常用的检查方法^[3-4], 尤

作者简介:谢玮慧(1994—), 女, 江西省宜春市人, 在读本科。研究方向: 医学影像学。

通信作者: 夏国金, E-mail: 258345164@qq.com

基金项目: 江西省卫生计生委健康委员会科技计划项目(20175126)。

其是 DWI, 在临床上已广泛应用^[5], 也有大量关于 DWI 辅助诊断 PCa 的文献报道; 但是关于不同 b 值 DWI 信号强度联合 ADC 值的文献报道较少, 基于此, 本研究主要探讨 DWI 信号强度联合 ADC 值对 PCa 的诊断价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本研究采用回顾性分析, PACS 随机选取经病理证实为 PCa 及前列腺增生 (benign prostatic hyperplasia, BPH) 典型患者 43 例, 时间为 2015 年 10 月至 2016 年 4 月, 所有检查者均因不同程度的下尿路梗阻症状或因体检测得血清前列腺特异性抗原 (prostate specific antigen, PSA) 增高 (>4.0 mg/L) 于南昌大学第一附属医院行前列腺 MRI 检查。

PCa 组 21 例, 年龄 58~85 岁, 平均 (68.61 ± 7.23) 岁。其中发生在外周带 14 例, 移行带 4 例, 二者均有累及 3 例。入组病例纳入及排除标准: ①所有患者均经 B 超穿刺下活检或者 PCa 根治术后病理证实为 PCa; ②DWI 和 ADC 图显示清晰、完整; ③去除合并前列腺炎等前列腺的其他疾患; ④所有患者在行 MRI 检查前行超声引导下穿刺活检, 未经过内分泌治疗、放射治疗等非手术治疗及 PCa 部分切除等手术治疗。

BPH 组 22 例, 年龄 50~82 岁, 平均 (67.50 ± 9.03) 岁。其中发生在移行带 12 例, 外周带 6 例, 二者均累及 4 例。入组病例纳入及排除标准: ①所有患者均经 B 超穿刺下活检或者 BPH 电切术后病理证实为增生; ②DWI 和 ADC 图显示清晰、完整; ③去除合并前列腺炎等前列腺的其他疾患; ④所有患者在行 MRI 检查前行超声引导下穿刺活检, 未经过药物治疗、激光治疗等非手术治疗及前列腺部分切除等手术治疗。

1.2 检查方法 采用 siemens MAGNETOM Avanto 1.5T MRI 仪行常规 MRI 和 DWI 检查, 采用 8 通道盆腔相控阵线圈, 腹带固定, 扫描中心置于耻骨联合处, 嘱患者适度膀胱留尿, 取仰卧位。MRI 常规扫描序列包括: 快速自旋回波横断位 T_1 WI、 T_2 WI, 冠状位和矢状位 T_2 WI, 横断位压脂 T_2 WI, DWI 扫描, 所有横断位图像定位一致。DWI 检查采用单次激发自旋回波序列行横断位扫描, b 值分别为 0 s/mm²、 800 s/mm² 和 $1\ 600$ s/mm²。扫描参数: FOV 300 mm \times 225 mm, TR $5\ 200$ ms, TE 100 ms, SNR 1.0 , 层厚 3.6 mm, 采集次数 5 次, 基本分辨力 128, 相位分辨力 80。由 $b=0$ s/mm² 和 $b=1\ 600$ s/mm² 系统自动生成 ADC 图。

1.3 图像分析 图像分析和数据收集均在 carestream RIS 系统中进行, 由 2 名影像科副主任医师通过双盲法共同进行, 意见不一致时协商决定。PCa 组中, 参照

患者的 B 超引导下穿刺活检结果或者术后病理结果, 选取 Gleason 评分最高的区域作为癌区的 ROI, 大小约 30 mm², 3 次测量取平均值, 如有 2 个病灶或多个病灶 Gleason 评分最高, 均作为 ROI 3 次测量数值, 取平均值后再平均。BPH 组中, 所选的 ROI 为病理提示的增生部位, 主要为增生结节区域 (横断位压脂 T_2 WI 低信号结节区), 取 ROI 时应避免尿道以及病变区内的坏死、出血、囊变区域, ROI 大小约 30 mm², 测量多增生结节 3 次取平均值。确定好 ROI 后, 在 DWI 图像中, 对应测量 $b=800$ s/mm² 和 $b=1\ 600$ s/mm² 时 ROI 的信号强度; 在 ADC 图中, 测量 $b=1\ 600$ s/mm² 时 ROI 的 ADC 值。

1.4 统计学分析 采用 SPSS17.0 软件进行统计学处理, 数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示, PCa 与 BPH 组 ADC 值、 $b=800$ s/mm²、 $b=1\ 600$ s/mm² DWI 信号强度的差异用两独立样本 t 检验, 当 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义; 用 ROC 曲线分析 $b=800$ s/mm²、 $b=1\ 600$ s/mm² DWI 信号强度与 ADC 值对 PCa 的诊断效能, 得出 AUC 及最佳诊断界限值, 计算特异性及敏感性。

2 结果

2.1 PCa 与 BPH ADC 值、 $b=800$ s/mm² DWI、 $b=1\ 600$ s/mm² DWI 信号强度的差异统计分析 PCa 在 T_2 WI-FS 图像呈低信号或稍低信号结节, $b=800$ s/mm² 时呈高信号, $b=1\ 600$ s/mm² 癌组织和正常组织的对比度进一步增加, ADC 图呈低信号, 病理切片可见前列腺腺体异型增生, 呈不规则腺样 (图 1A~E); BPH 组织在 T_2 WI-FS 图像呈低信号或稍低信号结节, 信号不均匀, 在 $b=800$ s/mm² 时呈较均匀略高信号, 增生组织和正常组织信号无差别, $b=1\ 600$ s/mm² 增生组织和正常组织信号进一步降低, 未见明显高信号, ADC 图呈稍高信号, 病理切片可见前列腺腺体增生, 可见双层上皮 (图 2A~E); 对比分析 PCa 组与 BPH 组 ROI $b=800$ s/mm²、 $b=1\ 600$ s/mm² DWI 信号强度以及 ADC 值, 统计学结果见表 1, 从中可以得出: PCa 与 BPH 在 $b=800$ s/mm²、 $b=1\ 600$ s/mm² DWI 信号强度以及 ADC 值之间比较差异均有统计学意义 ($P < 0.05$), PCa 组的 ADC 值明显低于 BPH, $b=800$ s/mm²、 $b=1\ 600$ s/mm² DWI 信号强度明显高于 BPH; 并且不论 PCa 还是 BPH, $b=800$ s/mm² 时的信号强度均高于 $b=1\ 600$ s/mm² 时的信号强度。

2.2 ROC 曲线分析 将测量 PCa 组及 BPH 组所得的 ADC 值与 $b=800$ s/mm²、 $b=1\ 600$ s/mm² DWI 信号强度进行 ROC 曲线分析 (表 2; 图 3, 4)。从中可以得出: ADC 值对 PCa 的诊断效能最高, $b=1\ 600$ s/mm²

时的 DWI 信号强度次之, $b=800 \text{ s/mm}^2$ 的 DWI 信号强度较前两者略差。

3 讨论

PCa 主要发生于前列腺的外周带, BPH 则绝大多数发生于前列腺中央区域的移行带, 但是 PCa 和 BPH 常常合并存在, 约 30% 的 PCa 会发生在移行带, 有时

在 BPH 的病理标本中也可以发现癌细胞的存在, 并且二者的诊断均主要是依靠影像学, 给临床的鉴别诊断带来了难度; 而前列腺的其他多发疾病如前列腺炎则主要根据临床表现及细菌学检查可与 PCa 相区别。故本研究对照组主要选取 BPH 患者。

作为男性的高发恶性肿瘤, 明确其与 BPH 的区

表 1 PCa 组与 BPH 组 ADC 值、信号强度的差异

组别	例数	ADC 值 ($\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)	$b=800 \text{ s/mm}^2$ DWI 信号强度	$b=1600 \text{ s/mm}^2$ DWI 信号强度
PCa 组	21	0.506 ± 0.113	72.71 ± 29.91	52.10 ± 21.62
BPH 组	22	0.934 ± 0.193	39.22 ± 8.30	22.36 ± 6.04
$t(P)$		-8.79 (0.000)	5.05 (0.000)	6.21 (0.000)

注: $P < 0.05$ 有统计学意义

表 2 DWI 与 ADC 值对 PCa 的检出结果比较

	最佳诊断界限值	敏感性 (%)	特异性 (%)	AUC
ADC 值 ($\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)	0.651	90.5	95.5	0.981
$b=800 \text{ s/mm}^2$ DWI 信号强度	45.50	95.2	86.4	0.924
$b=1600 \text{ s/mm}^2$ DWI 信号强度	31.50	95.2	90.9	0.970

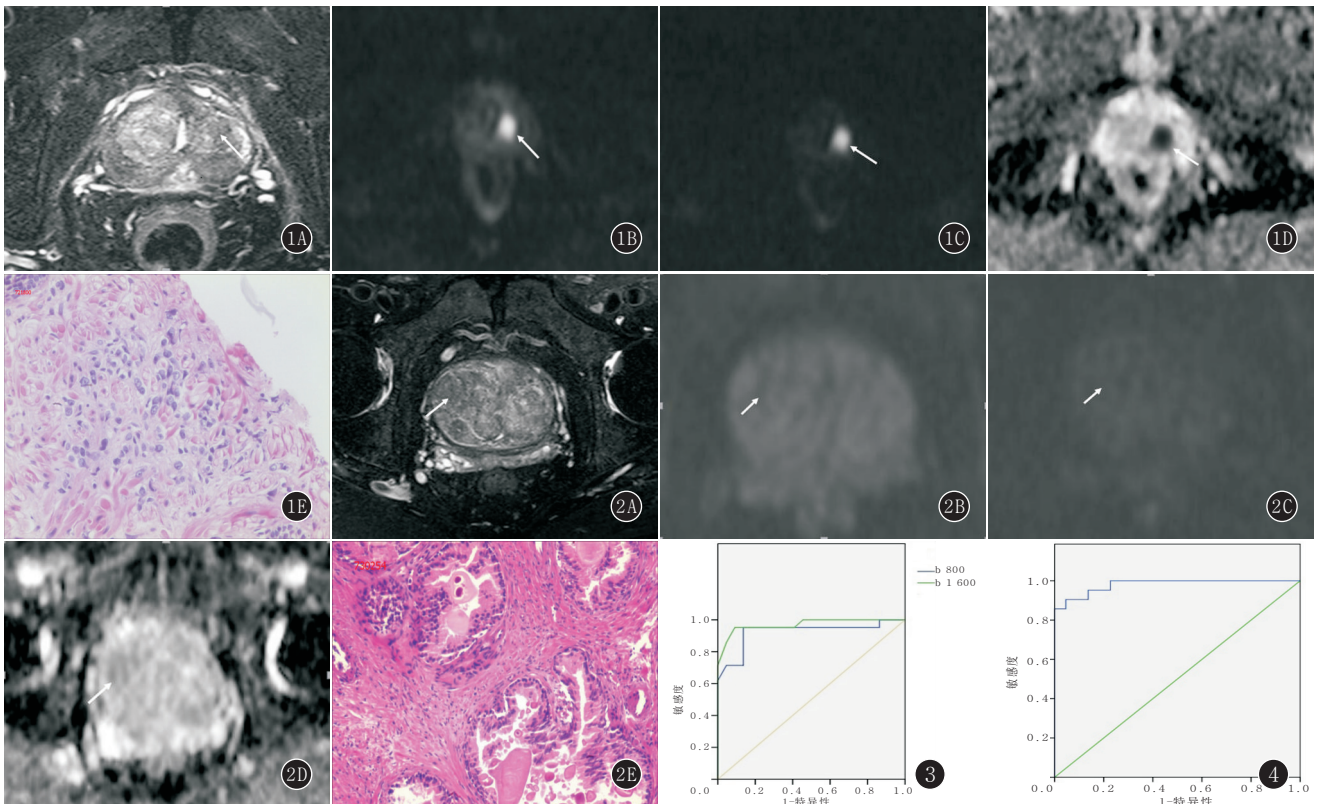


图 1A~E 男, 79 岁, PCa。A~D 分别为 T_2 WI-FS 图、 $b=800 \text{ s/mm}^2$ DWI 图、 $b=1600 \text{ s/mm}^2$ DWI 图、ADC 图, 可见 DWI 图中癌区较周围前列腺组织表现为明显高信号, ADC 图为低信号; E 为前列腺腺体异型增生, 呈不规则腺样, 集团样, 细胞胞浆红染, 核大深染, 局灶区见坏死 (HE $\times 200$) 图 2A~E 男, 76 岁, BPH。A~D 分别为 T_2 WI-FS 图、 $b=800 \text{ s/mm}^2$ DWI 图、 $b=1600 \text{ s/mm}^2$ DWI 图、ADC 图, DWI 图中较周围前列腺组织为均匀略高信号, 未见明显高信号, ADC 图未见明显低信号; E 为前列腺腺体增生, 可见双层上皮, 周围肌上皮排列完整, 细胞形态温和, 大小形状较一致, 腺体间纤维组织增生, 胶原化 (HE $\times 200$) 图 3 $b=800 \text{ s/mm}^2$ 、 $b=1600 \text{ s/mm}^2$ DWI 信号强度的 ROC 曲线图 图 4 ADC 值 ROC 曲线图

别至关重要,也有助于对 PCa 作出早期诊断和术前分期。目前学术界较为公认的 PCa 早期临床诊断模式为“三阶梯”法^[6]:①通过血 PSA 等肿瘤标志物检查和直肠指检发现可疑病例。②视具体情况,选择经直肠前列腺超声(transrectal of ultrasound, TRUS)、多参数 MRI 扫描等影像学检查完成可疑病灶的定位诊断。③通过 TRUS 引导下的前列腺系统活检获得病理诊断。

随着 MRI 功能成像的进步和发展, MRI 在 PCa 早期诊断、术前分期、评估疗效等方面得到越来越广泛的应用^[7-17],尤其是 DWI,成像时间短,可多 b 值观察,重复性高,能无创性并定量活体内水分子扩散运动,通过在 MRI 序列中加入扩散敏感梯度(体现为 b 值),不仅增加了序列对水分子布朗运动的敏感性,并能间接反映组织细胞水平的构成状况。实际工作中常用 ADC 值来定量表示组织内水分子扩散运动受限程度,能更直观、更精确地观察水分子扩散变化^[9]。一般情况下,组织内水分子的扩散运动越强,在 DWI 呈低信号,而在 ADC 图呈高信号;相反,组织内水分子的扩散运动越弱, DWI 呈高信号,而在 ADC 图呈低信号。

本研究中,利用 DWI 信号强度及 ADC 值多参数对 PCa 及 BPH 进行鉴别诊断,能在一定程度上反映组织内的结构情况。PCa 区存在水分子扩散受限,PCa 区的 DWI 信号强度明显高于 BPH 组的增生区,癌灶较增生组织表现为明显的高信号,并且 b 值越大, DWI 信号强度越低,信号存在衰减^[10];阳青松等^[11]在探究 3-T MR DWI 诊断 PCa 最优 b 值时得出在 $b=1\ 500\ \text{s}/\text{mm}^2$, DWI 信号强度诊断 PCa AUC 最高,最佳阈值为 49.2,当提高 $b=2\ 000\ \text{s}/\text{mm}^2$ 时, AUC 有降低,但是较 $b=1\ 000\ \text{s}/\text{mm}^2$ 时高;Katahira 等^[5]研究认为,在 1.5T MRI DWI 时,应用超高 $b=2\ 000\ \text{s}/\text{mm}^2$ 的 DWI 较 $b=1\ 000\ \text{s}/\text{mm}^2$ 诊断效能更高,与上述研究一致,但其只做了 2 组 b 值研究,未设置 $b=1\ 500\ \text{s}/\text{mm}^2$ 的研究,与前面研究未能直接对比;而刘勇等^[10]通过对比分析 DWI 多组不同 b 值 BPH 组织、PCa 组织与周围前列腺实质信号表现,同样认为高 b 值 DWI 对 BPH 与 PCa 鉴别具有较高的特异性和灵敏度,并且得出鉴别诊断的 DWI 最佳 b 值为 $2\ 000\ \text{s}/\text{mm}^2$ 。Koo 等^[12]研究认为,在 3T MRI DWI 时, $b=1\ 000\ \text{s}/\text{mm}^2$ 较 $b=2\ 000\ \text{s}/\text{mm}^2$ 及 $b=700\ \text{s}/\text{mm}^2$ 诊断效能更高。理论上低 b 值时, DWI 对水分子的扩散不够敏感,容易受 T_2 穿透效应的影响,不利于癌灶的检出,随着 b 值的增加, DWI 的扩散权重增大, DWI 对于水分子的运动就越敏感,前列腺病变组织和正常组织的对比度增加,提高了 DWI 的敏感性和特异性^[10,13]。但是具体 b 值高到多少为最佳可能需要进一步大样本综合对比,

本研究为 1.5T MRI, $b=1\ 600\ \text{s}/\text{mm}^2$ 比 $b=800\ \text{s}/\text{mm}^2$ DWI 信号强度对 PCa 诊断 AUC 更高,并且 $b=1\ 600\ \text{s}/\text{mm}^2$ DWI 信号强度对 PCa 诊断的特异性及敏感性均达到 90%,最佳阈值为 31.5,这与众学者的论述相一致。但不同场强 MRI 行 DWI 时,最优 b 值是否有区别,需要后续做同样本不同场强 MRI DWI 多 b 值进一步研究对比。

ADC 图上, PCa 组癌区的 ADC 值明显低于 BPH 组的增生区,癌灶较增生组织表现为明显的低信号,有研究^[14]指出, 3.0T MRI DWI 在 $b=1\ 500\ \text{s}/\text{mm}^2$ DWI 及 ADC 值诊断效能较 $b=1\ 000\ \text{s}/\text{mm}^2$ 及 $b=2\ 000\ \text{s}/\text{mm}^2$ 高;夏国金等^[15]在研究 3.0 T MRI DTI 中提到 $b=800\ \text{s}/\text{mm}^2$ 时 ADC 值诊断效能高于 FA 值,同样论证了 ADC 对于 PCa 的诊断效能很高。宋志强等^[16]通过对比分析不同 TNM 分期、Gleason 评分的 87 例 PCa 患者的 ADC 值,得出 ADC 值与 Gleason 分级、危险因素分级呈负相关,为临床病情评估提供有价值的参考。本研究中,通过 ROC 曲线分析可知, ADC 图 AUC 较 $b=800\ \text{s}/\text{mm}^2$ 与 $b=1\ 600\ \text{s}/\text{mm}^2$ 时的 DWI 都大,并且特异度也更高,相比之下,同样得出了 ADC 值对 PCa 的诊断效能最高。ADC 图消除了 T_2 穿透效应的影响,可以客观定量地测量组织扩散度,故其对 PCa 的诊断较 DWI 信号强度敏感,大大提高了对 PCa 诊断的特异性,是目前鉴别前列腺良恶性疾病的一项重要辅助指标^[17]。

本研究的不足:首先,因为样本挑选难度较大,选择的样本量比较小,有待于进一步增加样本量;其次,数据收集的过程可能存在误差,虽然本研究的数值测量由 2 人共同完成,但是两者之间在测量过程中存在的误差尚不能忽略。

综上所述, DWI 信号强度和 ADC 对 PCa 与 BPH 均有较高的诊断价值, ADC 值对 PCa 的诊断效能最高,当 $\text{ADC 值} < 0.651 \times 10^{-3}\ \text{mm}^2/\text{s}$, 应高度怀疑 PCa, 可作为临床鉴别 PCa 与 BPH 的参考指标。

参考文献:

[1] SIEGEL R, NAISHADHAM D, JEMAL A. Cancer statistics, 2012 [J]. CA Cancer J Clin, 2012, 62(1): 10-29. DOI: 10.3322/caac.20138.

[2] 韩苏军, 张思维, 陈万青, 等. 中国前列腺癌发病现状和流行趋势分析[J]. 临床肿瘤学杂志, 2013, 18(4): 330-334. DOI: 10.3969/j.issn.1009-0460.2013.04.009.

[3] 周婷婷, 王建良, 沈纪芳, 等. MR 扩散加权成像在早期前列腺癌诊断中的价值[J]. 临床放射学杂志, 2014, 33(7): 1035-1039. DOI: 10.13437/j.cnki.jcr.2014.07.018.

诊断[J].影像诊断与介入放射学,2013,22(6):432-435.DOI:10.3969/j.issn.1005-8001.2013.06.009.

[7] COSTA A F, CHIDAMBARAM V, LEE J J, et al. Multidetector computed tomography of mesenteric ischaemia [J]. *Insights Imaging*, 2014, 5(6): 657-666. DOI: 10.1007/s13244-014-0361-1.

[8] JEAYS A D, LAWFOR D P V, GILLOTT R, et al. Characterisation of the haemodynamics of the superior mesenteric artery [J]. *J Biomech*, 2007, 40(9): 1916-1926. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2006.09.009.

[9] 殷瑞根, 朱海涛, 史新平, 等. 自发性孤立性肠系膜上动脉夹层影像分型与 CT 诊断 [J]. *实用放射学杂志*, 2012, 28(5): 733-736. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2012.05.022.

[10] 曲德明, 夏玉军, 金利新, 等. 自发性孤立性肠系膜上动脉壁内血肿的 MSCT 表现 [J]. *实用放射学杂志*, 2017, 33(11): 1707-1709. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2017.11.015.

[11] YASUHARA H. Acute mesenteric ischemia: the challenge of gastroenterology [J]. *Surg Today*, 2005, 35(3): 185-195. DOI: 10.1007/s00595-004-2924-0.

[12] SHARMA G, SEMEL M E, MCGILLICUDDY E A, et al. Ruptured and unruptured mycotic superior mesenteric artery aneurysms [J].

Ann Vasc Surg, 2014, 28(8): 1931 e5-1931 e8. DOI: 10.1016/j.avsg.2014.06.066.

[13] CHOI S T, KIM K K, KANG J M. A case of superior mesenteric artery aneurysm mimicking an abdominal aortic aneurysm and presenting as a pulsating abdominal mass [J]. *Vasc Specialist Int*, 2016, 32(1): 29-32. DOI: 10.5758/vsi.2016.32.1.29.

[14] 李金矿, 陈喜兰, 龚福林. 肠系膜上动脉夹层的 MSCT 血管成像 [J]. *放射学实践*, 2016, 31(12): 1223-1226. DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2016.12.026.

[15] 金同梅, 高扬娟, 张康良, 等. MSCT 后处理技术对孤立性肠系膜上动脉夹层的诊断价值 [J]. *实用放射学杂志*, 2017, 33(12): 1840-1843. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2017.12.007.

[16] LEHTIMAKI T T, KARKKAINEN J M, SAARI P, et al. Detecting acute mesenteric ischemia in CT of the acute abdomen is dependent on clinical suspicion: review of 95 consecutive patients [J]. *Eur J Radiol*, 2015, 84(12): 2444-2453. DOI: 10.1016/j.ejrad.2015.09.006.

(收稿日期: 2018-06-21; 修回日期: 2018-09-26)

=====
(上接第 984 页)

[4] 沈钧康, 赵文露, 杨毅, 等. 1.5T MR 功能成像序列联合 T₂WI 对前列腺癌筛查的临床价值 [J]. *中华放射学杂志*, 2014, 48(1): 38-42. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2014.01.011.

[5] KATAHIRA K, TAKAHARA T, KWEE TC, et al. Ultra-high-b-value diffusion-weighted MR imaging for the detection of prostate cancer: evaluation in 201 cases with histopathological correlation [J]. *Eur Radiol*, 2011, 21(1): 188-196. DOI: 10.1007/s00330-010-1883-7.

[6] 中华医学会泌尿外科学分会前列腺癌联盟. 中国前列腺癌早期诊断专家共识 [J]. *中华泌尿外科杂志*, 2015, 36(8): 561-564. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1000-6702.2015.08.001.

[7] LE J D, TAN N, SHKOLYAR E, et al. Multifocality and prostate cancer detection by Multi parametric magnetic resonance imaging: correlation with whole-mount histopathology [J]. *Eur Urol*, 2015, 67(3): 569-576. DOI: 10.1016/j.eururo.2014.08.079.

[8] SHUKLA-DAVE A, HRICAK H. Role of MRI in prostate cancer detection [J]. *NMR Biomed*, 2014, 27(1): 16-24. DOI: 10.1002/nbm.2934.

[9] ITOU Y, NAKANISHI K, NARUMI Y, et al. Clinical utility of apparent diffusion coefficient (ADC) values in patients with prostate cancer: can ADC values contribute to assess the aggressiveness of prostate cancer? [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2011, 33(1): 167-172. DOI: 10.1002/jmri.22317.

[10] 刘勇, 张刘璐, 江澜, 等. 1.5T MR 多 b 值 DWI 对前列腺增生

与前列腺癌的应用 [J]. *实用放射学杂志*, 2015, 31(11): 1799-1801. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2015.11.012.

[11] 阳青松, 王振, 陈玉坤, 等. 3-T MR 扩散加权成像诊断前列腺癌最优 b 值探究 [J]. *第二军医大学学报*, 2015, 36(4): 402-406. DOI: 10.3724/SP.J.1008.2015.00402.

[12] KOO J H, KIM C K, CHOI D, et al. Diffusion-weighted magnetic resonance imaging for the evaluation of prostate cancer: optimal B value at 3T [J]. *Korean J Radiol*, 2013, 14(1): 61-69. DOI: 10.3348/kjr.2013.14.1.61.

[13] 章绪辉, 全显跃, 路世龙, 等. DWI 和 ADC 图在前列腺癌诊断中的应用研究 [J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2014, 12(8): 66-68, 78. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2014.08.22.

[14] WANG X, QIAN Y, LIU B, et al. High-b-value diffusion-weighted MRI for the detection of prostate cancer at 3 T [J]. *Clin Radiol*, 2014, 69(11): 1165-1170. DOI: 10.1016/j.crad.2014.07.013.

[15] 夏国金, 龚洪翰, 曾献军, 等. MR 扩散张量成像在前列腺癌诊断中的价值 [J]. *中华放射学杂志*, 2012, 46(6): 526-528. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2012.06.010.

[16] 宋志强, 杜向东, 马静, 等. ADC 值在前列腺癌诊断及临床评估中的价值 [J]. *实用放射学杂志*, 2015, 31(10): 1653-1656. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1671.2015.10.020.

[17] 雷鹏, 姜有涛, 汪清. 前列腺癌诊断中核磁弥散成像及 ADC 值的应用价值 [J]. *临床泌尿外科杂志*, 2015, 30(9): 811-813, 818. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1420.2015.09.013.

(收稿日期: 2018-05-22; 修回日期: 2018-09-21)