

• 腹部影像学 •

酰胺质子转移成像联合 T_2 -mapping 鉴别前列腺癌与前列腺增生的价值

胡文君, 刘爱连, 陈丽华, 王楠, 孙鹏, 林良杰, 王家正

【摘要】 目的:探索酰胺质子转移成像(APT)联合 T_2 -mapping 对前列腺癌(PCa)和前列腺增生(BPH)的鉴别价值。**方法:**回顾性分析本院行 3.0T MRI 扫描、经病理证实的 32 例 PCa 和 29 例 BPH 患者资料。两位观察者分别测量两组病灶的 APT 值和 T_2 值。采用组内相关系数(ICC)检验两名观察者测量结果的一致性。采用独立样本 t 检验比较两组病灶各参数值的差异。采用受试者操作特征(ROC)曲线评估各有差异参数单独及联合对两组鉴别诊断的效能。采用 Delong 检验比较各参数及联合参数诊断效能的差异。采用 Pearson 相关检验对两参数进行相关性分析。**结果:**两名观察者测量各组数据的一致性良好($ICC > 0.75$)。PCa 组的 APT 值 $[(2.36 \pm 0.56)\%]$ 大于 BPH $[(1.69 \pm 0.53)\%]$ 组, PCa 组的 T_2 值 $[(76.29 \pm 8.64) \text{ ms}]$ 小于 BPH $[(91.36 \pm 10.07) \text{ ms}]$ 组, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。APT 值、 T_2 值及二者联合鉴别 PCa 和 BPH 的 ROC 曲线下面积分别为 0.810、0.889、0.920。APT 值与 T_2 值的诊断效能差异无统计学意义($P > 0.05$), 两参数联合的诊断效能要优于 APT 值单独诊断效能($P < 0.05$)。APT 值与 T_2 值呈负相关($r = -0.35, P < 0.001$)。**结论:**APT 值、 T_2 值可有效鉴别 PCa 和 BPH, APT 值和 T_2 值之间存在显著负相关性, 两者联合的鉴别效能明显提升, 具有很好的临床应用前景。

【关键词】 磁共振成像; 酰胺质子转移加权; 前列腺肿瘤; 前列腺增生

【中图分类号】 R445.2; R737.25 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2022)11-1416-06

DOI: 10.13609/j.cnki.1000-0313.2022.11.015

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



The value of amide proton transfer imaging combined with T_2 -mapping for differentiating prostate cancer from benign prostatic hyperplasia HU Wen-jun, LIU Ai-lian, CHEN Li-hua, et al. Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Dalian Medical University, 116011 Niaoning, China

【Abstract】 Objective: To explore the value of amide proton transfer (APT) imaging and T_2 -mapping for differentiating prostate cancer (PCa) from benign prostatic hyperplasia (BPH). **Methods:** 32 patients with PCa and 29 patients with BPH who were pathologically confirmed were included in this study. They underwent preoperative pelvic 3.0T MR including APT, T_2 -mapping. Inter-class correlation coefficients (ICC) were used to evaluate measurement reproducibility. APT and T_2 values were compared between two groups using an unpaired t -test and diagnostic performances for differentiation between PCa and BPH were determined by receiver operating characteristic (ROC) curve and Delong test. Pearson correlation analysis was performed to evaluate the correlation of APT and T_2 values. **Results:** There was good measurement consistency for two observers ($ICC \text{ value} > 0.75$). The APT value of the PCa group were significantly larger than that of BPH group $[(2.36 \pm 0.56)\% \text{ vs. } (1.69 \pm 0.53)\%, P < 0.05]$. The T_2 value of PCa group were significantly smaller than that of BPH group $[(76.29 \pm 8.64) \text{ ms vs. } (91.36 \pm 10.07) \text{ ms}, P < 0.05]$. The area under the ROC (AUC) curve of APT, T_2 and combination of APT and T_2 for distinguishing PCa from BPH were 0.810, 0.889, and 0.920, respectively. There was no significant difference between the AUC for APT and T_2 -mapping ($P > 0.05$). The AUC of the combination of the two parameters was significantly larger than that of APT ($P < 0.05$). The APT values showed negative correlation with T_2 values ($r = -0.35, P < 0.001$). **Conclusion:**

作者单位: 116011 辽宁, 大连医科大学附属第一医院放射科(胡文君、刘爱连、陈丽华、王楠); 100016 北京, 飞利浦医疗(中国)(孙鹏、林良杰、王家正)

作者简介: 胡文君(1997-), 女, 山东肥城人, 硕士研究生, 住院医师, 主要从事腹部影像诊断工作。

通讯作者: 刘爱连, E-mail: liuailian@dmu.edu.cn

A strong correlation existed between APT and T₂ values. A combination of APT and T₂-mapping can significantly improve differentiation between PCa and BPH compared with APT or T₂-mapping alone.

【Key words】 Magnetic resonance imaging; Amide proton transfer; Prostate neoplasms; Benign prostatic hyperplasia

前列腺癌(prostate cancer, PCa)正在成为中国男性生殖系统最常见的恶性肿瘤之一,随着生活水平和诊断技术的提高,前列腺癌的发病率逐年上升^[1]。中老年男性为前列腺癌高发人群,常伴发良性前列腺增生(benign prostatic hyperplasia, BPH),二者在常规磁共振的相似影像表现导致鉴别困难。近年来,磁共振功能成像在前列腺癌的检出、鉴别等方面展现出良好的应用价值。酰胺质子转移(amide proton transfer, APT)成像是一种基于组织内源性游离蛋白质和多肽的酰胺质子与游离水质子之间的化学交换产生对比的MRI分子成像技术^[2]。T₂-mapping成像能评估体素的横向弛豫时间,可对组织成分进行无创可视化和定量分析^[3]。两种新型MRI技术在国内前列腺疾病相关研究中应用较少,且均无需外源对比剂注入。因此本研究旨在探讨 APT 联合 T₂-mapping 技术对 PCa 和 BPH 的鉴别价值及二者相关性。

材料与方法

1.研究对象

回顾性分析本院 2019 年 3 月—2020 年 9 月行前列腺 3.0T MRI 检查的患者,纳入标准:①临床资料完整(包括年龄、身高、体重、症状、PSA),经直肠超声引导下经会阴穿刺前列腺活检术或前列腺切除术后病理证实为 PCa 或 BPH;②MRI 检查序列完整(含 APT、T₂-mapping 序列),图像质量良好。排除标准:①MRI 检查前接受过相关内分泌或手术治疗;②MRI 图像质量不佳,影响观测;③MRI 检查前 2 周内行穿刺活检患者。最终入组 61 例病例,其中 PCa 组 32 例, BPH 组 29 例。PCa 组患者平均年龄为(70.59±7.82)岁;临床症状主要表现为进行性排尿困难,少部分患者表现为肉眼血尿、尿急、尿痛、颈部或腰部疼痛,部分患者因体检或其他疾病入院发现;9 例病灶位于外周带,2 例病灶位于移行带,21 例病灶同时累及外周及移行带。PCa 组中 Gleason 评分<7 分者 4 例, Gleason 评

分 7~8 分 11 例, Gleason 评分>8 分 17 例。BPH 组患者平均年龄为(68.28±7.99)岁;临床症状主要表现为进行性排尿困难,少量患者表现为尿频、尿急、尿痛、肉眼血尿或因体检及其他疾病入院发现。

2.检查方法

检查前患者排空膀胱。采用 Philips 3.0T 磁共振扫描仪(Ingenia CX, Philips Healthcare, Best, Netherlands), 16 通道体部相控阵线圈,患者采用仰卧位,扫描序列包括 T₁WI、T₂WI、DWI、APT、T₂-mapping, APT 成像采用 3D 快速自旋回波 DIXON 序列进行扫描,并使用化学位移频率选择方法进行抑脂。采集 7 个饱和频率点(±2.7、±3.5、±4.3 和 1540 ppm)的数据并通过信号拟合和 B0 场校正来计算最终的 APT 图像。采用功率 2.0T 的连续射频辐照,酰胺质子的饱和时间为 2 s。通过在+3.5 ppm 饱和频点处 3 次不同回波时间的数据采集计算求得 B0 场图。通过计算传统磁化传递效在水信号两侧 3.5 ppm 处的不对称性求得 APT 值:

$$\text{APT}(\%) = \frac{\text{MTR}_{\text{asym}(3.5\text{ppm})} \times 100\%}{S_0} = \frac{(\text{Ssat}(-3.5\text{ppm}) - \text{Ssat}(+3.5\text{ppm}))}{S_0} \times 100\% \quad (1)$$

其中 S₀ 是饱和频率为 1540 ppm 时的水信号强度, Ssat 为经 B0 校正之后饱和频率为±3.5 ppm 的水信号强度。详细扫描参数见表 1。

3.图像分析与数据测量

扫描后原始数据自动传入 Philips Intelli Space Portal(ISP)工作站,利用 ISP 软件生成 APT 与 T₂-mapping 伪彩图,将 APT 伪彩图与 T₂WI 融合。由两名有 6 年(观察者 1)和 2 年(观察者 2)MRI 诊断经验的影像医师采用双盲法在 APT 融合图像和 T₂-mapping 参数图像上于病灶最大层面放置一个类圆形感兴趣区(region of interest, ROI)测得 APT 值及 T₂值,取两位观察者测量参数平均值作为最终结果。PCa 和 BPH 病灶位置参照病理结果,根据 T₂WI 及 DWI 图确认。各序列 ROI 放置标准如下:①根据病

表1 磁共振扫描序列及参数

扫描序列	扫描时间	NSA	TR/TE (ms)	FOV (mm ³)	Voxel (mm ²)	层厚/层间距 (mm)
T ₁ WI-TSE	1min1s	1	537/10	220×220×80	0.89×1.19	3.5/1.0
T ₂ -SPAIR TRA	1min41s	2	2400/100	220×220×80	1.0×1.0	3.5/1.0
DWI(b=1200mm ² /s)	1min27s	1	2900/64	220×220×83	3.0×3.0	4.0/0.4
APT	3min3s	1	6500/8	130×98×49	2.0×2.0	7.0/0
T ₂ -mapping	1min19s	1	2300/n*20	360×241×64	1.2×1.0	4.0/0

灶大小选取适当 ROI,ROI 面积约为 50~150 mm²;②BPH 组弥漫性增生者 ROI 置于中央腺体区,局灶性增生者 ROI 置于增生结节;③ROI 置于病灶实性部分,需避开尿道及出血、囊变、坏死区。

4.统计学方法

采用 SPSS 26.0 和 Medcalc 19.1.2 软件进行统计学分析。采用组内相关系数(intraclass correlation coefficient,ICC)检验两位观察者对各参数值测量结果的一致性。采用 Shapiro-Wilk 检验各参数的正态性,符合正态分布的计量资料用均数±标准差表示,采用独立样本 *t* 检验比较。符合偏态分布的计量资料以中位数(四分位间距)表示,采用 Mann-Whitney 秩和检验比较。采用受试者操作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线评估有统计学差异的参数单独及联合对两组鉴别诊断的效能。Delong 检验用来比较各参数及联合参数诊断效能的差异。采用 Pearson 相关分析对两参数进行相关性分析。*P*<0.05 表示差异有统计学意义。

结 果

1.患者临床特征比较

PCa 组 PSA 水平高于 BPH 组(*P*<0.05)。PCa 组与 BPH 组年龄、体重和身高差异均无统计学意义(*P*>0.05)。

表 2 患者的临床资料

分组	BPH (n=29)	PCa (n=32)	<i>t</i> / <i>Z</i> 值	<i>P</i> 值
年龄(岁)	68.28±7.99	70.59±7.82	-1.144	0.257
体重(kg)	73.14±12.16	69.63±12.22	1.124	0.266
身高(cm)	171.00(169.00,176.00)	173.06±5.49	-0.930	0.352
PSA(ug/mL)	11.69(6.43,19.64)	21.65(8.88,104.80)	-2.275	0.023

2.观察者测量结果的一致性检验

两位观察者测量病灶各参数一致性良好(ICC>0.75),见表 3。

表 3 两位观察者测量病灶各参数结果的一致性分析

参数	观察者 1	观察者 2	ICC
APT(%)			
BPH(n=29)	1.68±0.56	1.69±0.54	0.94
PCa(n=32)	2.36±0.53	2.37±0.64	0.91
T ₂ -mapping(ms)			
BPH(n=29)	92.01±9.10	92.66±10.29	0.94
PCa(n=32)	75.52±11.25	77.07±7.57	0.77

3.两组病例各参数值比较

PCa 组的 APT 值大于 BPH 组,T₂-mapping 值小于 BPH 组,差异均有统计学意义(*P*<0.05),见表 4 及图 1~4。

表 4 两组病灶各参数值比较结果

参数	BPH(n=29)	PCa(n=32)	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
APT(%)	1.69±0.53	2.36±0.56	-4.825	<0.001
T ₂ -mapping(ms)	91.36±10.07	76.29±8.64	6.285	<0.001

4.各参数单独、联合诊断效能

APT 值、T₂ 值和两者联合诊断的 AUC 分别为 0.810、0.889、0.920,T₂ 值的诊断效能高于 APT 值,但差异无统计学意义(*P*>0.05),两参数联合诊断效能要优于单独 APT 值或 T₂ 值,但仅联合参数与 APT 值诊断效能间差异有统计学意义(*P*<0.05),见表 5、6 及图 5。

表 5 各参数诊断效能

参数	AUC	阈值	敏感度(%)	特异度(%)
APT	0.81	1.91	84.4	72.4
T ₂	0.89	77.45	71.9	96.6
APT+T ₂	0.92	0.26	96.9	72.4

表 6 各参数诊断效能 Delong 检验比较结果

参数	AUC 差值	95%CI	<i>Z</i> 值	<i>P</i> 值
APT 与 T ₂	0.0792	-0.0593~0.218	1.121	0.2623
APT 与 APT+T ₂	0.110	0.0183~0.203	2.348	0.0189
T ₂ 与 APT+T ₂	0.0313	-0.0266~0.0891	1.058	0.29

5.两参数相关性分析

APT 值与 T₂-mapping 值呈负相关(*r*=-0.35,*P*<0.006)。

讨 论

中老年男性常并发 PCa 与 BPH,二者临床表现相似但治疗方式不同,诊断的困难导致 PCa 治疗不足而 BPH 过度治疗,增加了前列腺疾病的死亡率^[4]。前列腺特异性抗原(prostate specific antigen,PSA)筛查灵敏度较低,经直肠超声引导活检为有创操作,不宜反复进行^[5]。因此,有高软组织分辨率、无辐射的 MRI 已成为前列腺检查的首选方法,但 PCa 及 BPH 病灶在常规 T₂WI 图像上可表现为相似的低信号,二者的鉴别亦存在困难。功能磁共振可反映病变的微观变化,扩散加权成像及动态增强磁共振成像在鉴别 PCa 及 BPH 方面展现出一定价值,但二者都可有扩散受限及早期对比剂廓清,表现存在重叠性^[6]。这些局限性说明需要探索新的成像技术提高对 PCa 的检测能力。本研究分析了 APT 联合 T₂-mapping 技术对 PCa 和 BPH 的鉴别价值及二者相关性,研究结果表明 APT 值、T₂ 值可有效鉴别 PCa 和 BPH,APT 值和 T₂ 值之间存在显著负相关性,两者联合可明显提升鉴别效能。

APT 成像是一种特殊类型的内源性化学交换饱和和转移成像技术,采用距水+3.5 ppm 的偏共振射频脉冲对蛋白质及多肽中的酰胺质子进行选择性和饱和,酰胺质子与自由水质子发生化学交换,使饱和效应转移给自由水,进而减低水的信号,通过水信号的衰减量反映蛋白质及多肽的含量及环境变化^[7-8]。作为新型的热点技术,APT 成像在神经系统的多种疾病,如脑肿瘤、脑血管病、帕金森病、阿尔茨海默病的诊断、病情

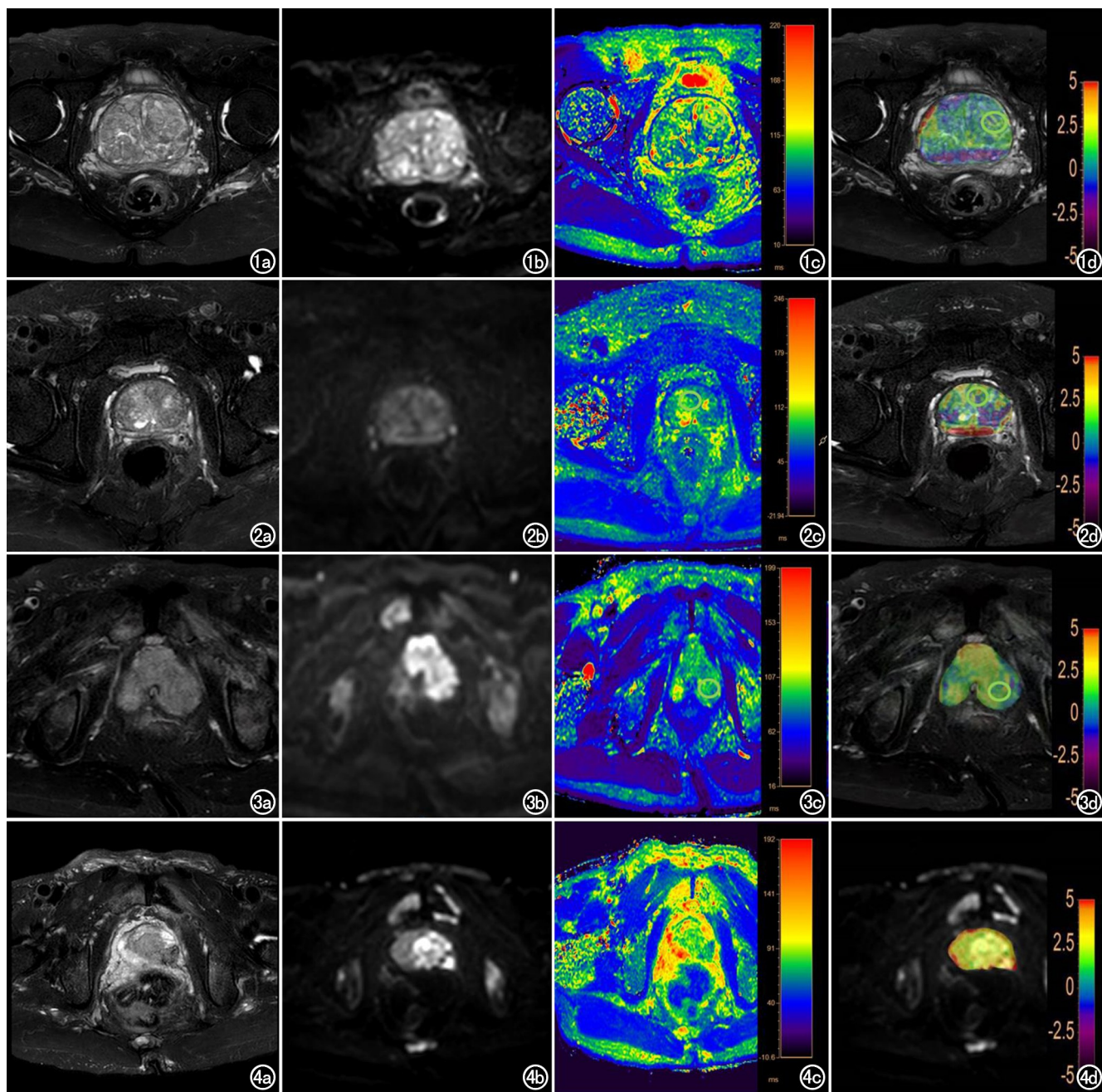


图 1 男,75 岁,前列腺增生。a)T₂WI;b)DWI;c)T₂-mapping 图,T₂ 值为 97.57 ms;d)T₂WI 与 APT 的融合图像,APT 值为 0.61%。图 2 男,70 岁,前列腺增生。a)T₂WI;b)DWI;c)T₂-mapping 图,T₂ 值为 89.93 ms;d)T₂WI 与 APT 的融合图像,APT 值为 1.12%。图 3 男,79 岁,前列腺癌。a)T₂WI;b)DWI;c)T₂-mapping 图,T₂ 值为 87.5 ms;d)T₂WI 与 APT 的融合图像,APT 值为 2.05%。图 4 男,74 岁,前列腺癌。a)T₂WI;b)DWI;c)T₂-mapping 图,T₂ 值为 73.35 ms;d)T₂WI 与 APT 的融合图像,APT 值为 2.55%。

监测、判断预后方面都展现了良好的应用价值^[9-10]。本研究显示 PCa 的 APT 值显著高于 BPH,分析其原因可能是 PCa 的细胞增殖速率高于 BPH,殷慧佳等^[11]研究显示前列腺癌的 APT 信号与细胞增殖核抗原 Ki-67 呈正相关。此外,PCa 细胞代谢活跃,与肿瘤细胞增殖、侵袭及转移相关的多种蛋白质,如 Caveolin-1、STAMP2 等,在 PCa 和 BPH 组织中的含量有明

显差异^[12]。另外,PCa 相对于 BPH 具有更高的微血管密度^[13],血液中的丰富蛋白质也可使 APT 信号增高。本研究结果与 Yin 等^[14]的结果一致,但诊断效能没有该研究高,可能是由于不同的 ROI 放置标准导致,Yin 等^[14]的研究中 BPH 组的 ROI 只放在弥漫增生的中央带,未考虑局灶性的前列腺增生,但后者与 PCa 更加难以鉴别^[15]。

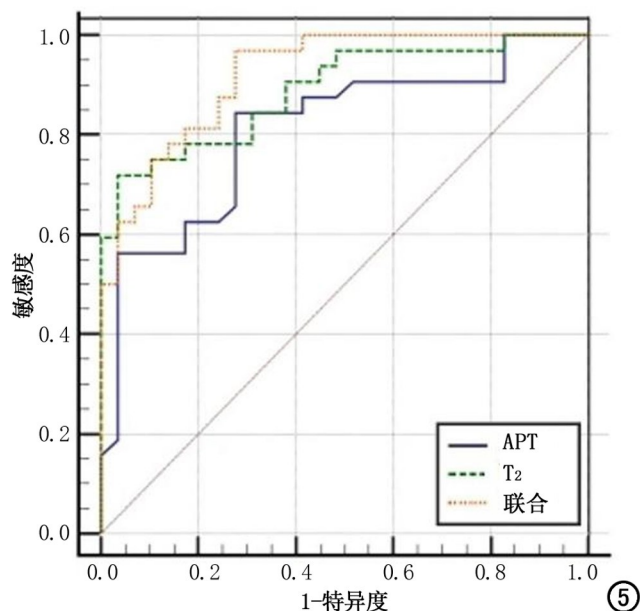


图 5 APT、T₂ 及联合参数诊断 PCa 的 ROC 曲线。

欧洲泌尿放射性协会提出的共识指南前列腺影像报告和数据库系统(PI-RADS),推荐的多参数 MRI 有效提高了 PCa 诊断的敏感度和特异度^[16],其中 T₂WI 被推荐为移行带癌检测的主要序列,但 T₂WI 具有很大主观性,其对比度高度依赖于成像参数。T₂-mapping 是一种定量 MR 技术,通过在不同的回波时间采集多个 T₂WI 图像拟合出指数 MR 信号衰减模型,生成定量 T₂ 值^[17]。T₂-mapping 技术可对 T₂ 值直接定量,增加了图像分析的客观性,多用于评估心脏组织及透明软骨的病变^[18]。本研究显示 PCa 的 T₂ 值显著低于 BPH,可能是因为前列腺癌细胞密度增加,细胞核增大,胞浆丰富,细胞外液空间减小;且腺体结构紊乱,呈筛状,腺腔分化不明显,二者导致自由水含量减少,T₂ 值减低。Sabouri 等^[19]的研究显示 PCa 与移行带非癌组织的细胞核、胞浆及腺腔成分有显著差别,随着细胞核、胞浆百分比的增加及腺腔百分比的减少,T₂ 值减低,与本研究结果一致。然而 Houdt 等^[20]的研究显示 PCa 与移行带非癌组织之间 T₂ 值无差异。不同研究之间的差异可能来自于 T₂-mapping 序列参数、MR 磁场强度、数据汇总方法和参考标准的不同而带来的偏倚。

ROC 曲线分析显示 T₂ 值的诊断效能高于 APT,这可能是因为组织 APT 效应与 T₂ 弛豫时间的相互影响,本研究显示 APT 值与 T₂ 值呈反比,PCa 的高细胞密度使蛋白质水平升高的同时减小了细胞外液间隙,APT 值升高而 T₂ 值减低,然而 T₂ 值越小,横向弛豫速率加快,对水的直接饱和作用增大,不利于 APT 效应的显示^[21]。因此对 APT 技术进行 T₂ 弛豫时间

的校正可能会提高 APT 技术的诊断效能。除此之外,APT 信号并不纯粹,会受到磁化传递效应及核奥式效应的影响,在腹部应用更易受到运动及脂肪伪影干扰,需要进行参数优化获得更高质量的图像^[22]。在既往研究中,T₂-mapping 技术在鉴别 PCa 和外周带正常组织的价值得到一致肯定,但不能可靠地鉴别 PCa 和 BPH,研究结果各异^[23]。本研究 T₂ 值虽能有效鉴别二者,但敏感度较低,为 71.9%。在朱旭等^[24]采用 T₂-mapping 鉴别前列腺良恶性病变的研究中敏感度也较低(68.4%),可能是因为 T₂-mapping 在鉴别 PCa 和增生方面表现不佳。本研究中 APT 和 T₂-mapping 联合将 AUC 提升至 0.92,并显著提高了诊断的敏感度,使得两种技术的优势相互补充。

本研究的局限性:①本研究的样本量较小,未来的研究有待加大样本量对结果进行进一步验证。②本研究纳入的移行带 PCa 较少,可能放大了 T₂-mapping 的诊断效能,然而 PCa 多位于外周带,仅有 30% 左右位于移行带,本研究病例组成符合前列腺癌流行病学。今后进一步的研究将增加移行带 PCa 样本量,探索 T₂-mapping 及 APT 分别对移行带及外周带 PCa 的诊断价值。③APT 与 T₂-mapping 图像的层厚不同,ROI 放置时可能未能完全匹配,且 ROI 只放置在病灶的最大层面,不能完全反映病灶的整体情况,进一步的研究将进行多层面测量。

综上,APT 和 T₂-mapping 联合能有效鉴别前列腺癌和前列腺增生,为二者的鉴别提供了新思路。

参考文献:

- [1] Wu SQ, Su H, Wang YH, et al. Role of tumor-associated immune cells in prostate cancer: angel or devil? [J]. Asian J Androl, 2019, 21(5): 433-437.
- [2] 孟醒, 陈丽华, 沈智威, 等. 酰胺质子转移成像鉴别子宫内膜癌与子宫内膜息肉的价值[J]. 中国医学影像学杂志, 2021, 29(3): 264-265, 270.
- [3] 李淑健, 程敬亮, 张勇, 等. T₂-mapping 成像评估宫颈癌病理学特征[J]. 中国医学影像技术, 2019, 35(9): 1365-1369.
- [4] Wang G, Zhao D, Spring DJ, et al. Genetics and biology of prostate cancer[J]. Genes Dev, 2018, 32(17-18): 1105-1140.
- [5] Chatterjee A, Devaraj A, Mathew M, et al. Performance of T₂ maps in the detection of prostate cancer[J]. Acad Radiol, 2019, 26(1): 15-21.
- [6] Lee CH. Quantitative T₂-mapping using MRI for detection of prostate malignancy: a systematic review of the literature[J]. Acta Radiol, 2019, 60(9): 1181-1189.
- [7] Kamimura K, Nakajo M, Yoneyama T, et al. Amide proton transfer imaging of tumors: theory, clinical applications, pitfalls, and future directions[J]. Jpn J Radiol, 2019, 37(2): 109-116.
- [8] 李丽, 王振雄, 方纪成, 等. 化学交换饱和和转移衍生新技术的开发与临床应用[J]. 放射学实践, 2020, 35(1): 2-8.
- [9] 王茹茹, 李启霖, 田卫卫, 等. 酰胺质子转移成像在中枢神经系统中

的应用现状及进展[J].磁共振成像,2020,11(12):1194-1197.

[10] 林月,李春媚,陈敏.酰胺质子转移成像的应用进展[J].放射学实践,2018,33(5):525-528.

[11] 殷慧佳,韩东明,翟战胜,等.氨基质子转移成像对前列腺癌与良性前列腺增生的鉴别诊断价值[J].中国医学影像学杂志,2019,27(12):938-941.

[12] Jia G, Abaza R, Williams JD, et al. Amide proton transfer MR imaging of prostate cancer: a preliminary study[J]. J Magn Reson Imaging, 2011, 33(3): 647-654.

[13] 刘聪雅,杨永生,陈武,等.前列腺癌与前列腺增生血管生成的比较[J].中国超声医学杂志,2015,31(7):634-636.

[14] Yin H, Wang D, Yan R, et al. Comparison of diffusion kurtosis imaging and amide proton transfer imaging in the diagnosis and risk assessment of prostate cancer[J]. Front Oncol, 2021, 11: 640906.

[15] 张沥,李陇超,张鑫,等.双参数 MRI 纹理分析鉴别诊断移行区前列腺癌及增生结节的价值[J].医学影像学杂志,2020,30(2):273-276.

[16] Lee CH, Taupitz M, Asbach P, et al. Clinical utility of combined T₂-weighted imaging and T₂-mapping in the detection of prostate cancer: a multi-observer study[J]. Quant Imaging Med Surg, 2020, 10(9): 1811-1822.

[17] 董宛,陈安良,刘爱连,等.初探酰胺质子转移加权和 T₂-mapping 对直肠癌化疗和未化疗的定量对比研究[J].磁共振成像,2021,12(7):24-28.

[18] Adams LC, Bresslem KK, Jurmeister P, et al. Use of quantitative T₂-mapping for the assessment of renal cell carcinomas: first results[J]. Cancer Imaging, 2019, 19(1): 35.

[19] Sabouri S, Fazli L, Chang SD, et al. MR measurement of luminal water in prostate gland: quantitative correlation between MRI and histology[J]. J Magn Reson Imaging, 2017, 46(3): 861-869.

[20] van Houdt PJ, Agarwal HK, van Buuren LD, et al. Performance of a fast and high-resolution multi-echo spin-echo sequence for prostate T₂-mapping across multiple systems[J]. Magn Reson Med, 2018, 79(3): 1586-1594.

[21] 赵羽. 体部化学交换饱和转移成像中脂肪伪影消除方法的研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2020.

[22] Zhou J, Heo HY, Knutsson L, et al. APT-weighted MRI: techniques, current neuro applications, and challenging issues[J]. J Magn Reson Imaging, 2019, 50(2): 347-364.

[23] 朱柳红,刘豪,周建军.磁共振 T₂-mapping 技术在体部恶性肿瘤中的研究进展[J].磁共振成像,2020,11(5):398-400.

[24] 朱旭. T₂-mapping 与 T₂*-mapping 定量值在前列腺良恶性病变的诊断价值[D]. 大连: 大连医科大学, 2021.

(收稿日期:2021-11-19 修回日期:2022-03-09)

下期要目

脑淋巴瘤病的临床及多模态影像表现
BOLD 和 T₂-mapping 评价盘源性腰痛大鼠椎旁肌功能改变
ss-EPI DWI、resolve DWI 和 ishim DWI 对膀胱癌图像质量的对比
CT 组学联合炎性指标列线图预测食管癌新辅助化疗疗效
双能 CT 定量指标鉴别 GGN 型肺腺癌亚型的价值
锥光束乳腺 CT 的诊断效能及术前评估价值
基于双层探测器光谱 CT 定量参数的直肠癌生物学特征
基于常规 MRI 影像组学模型预测软组织肉瘤复发的价值

基于 multi-atlas 的 QSM 定量分析评估阿尔茨海默病基底核团的异常铁沉积
基于 FastStroke 软件的 ColorViz 融合图在急性缺血性脑卒中患者临床结局预测中的应用研究
终末期肾病维持性血液透析患者神经血管耦合功能的 MR 研究
胸腺结外边缘区黏膜相关淋巴组织淋巴瘤的 MRI 特征分析
基于双气相定量 CT 评估小气道病变在 COPD 中的价值
用深度学习方法自动定位盆腔淋巴结区域的初步研究
CT 扫描期相及 ROI 勾画策略选择在基于影像组学方法预测透明细胞肾细胞癌核分级中的价值
宫颈角联合 E 成像在中晚期孕妇中对早产的预测价值