

## ·前列腺癌 MRI 研究·

# 体素内不相干运动和扩散成像对移行区前列腺癌鉴别诊断价值的对照研究

包捷<sup>1</sup> 王希明<sup>1</sup> 胡春洪<sup>1</sup> 张中帅<sup>2</sup> 侯健全<sup>3</sup> 李晗<sup>1</sup> 魏竹馨<sup>1</sup>

<sup>1</sup>苏州大学附属第一医院放射科 215006; <sup>2</sup>西门子医疗器械有限公司诊断事业部, 上海 201318; <sup>3</sup>苏州大学附属第一医院泌尿外科 215006

通信作者: 王希明, Email: wangximing1998@163.com

**【摘要】目的** 探讨 MR 体素内不相干运动 (IVIM) 和扩散峰度成像 (DKI) 定量参数鉴别移行区前列腺癌和鉴别中高前列腺癌的价值, 并分析其与前列腺癌 Gleason 评分的相关性。**方法** 回顾性分析 2015 年 1 月至 2017 年 6 月苏州大学附属第一医院诊断经 MR-经直肠超声融合靶向穿刺活检证实, 且进行了多参数 MRI (T<sub>2</sub>WI、DWI、IVIM 和 DKI) 检查的 55 例患者。三维勾画每个病灶的 ROI, 测量 IVIM 和 DKI 模型的定量参数, 包括扩散系数 (D)、伪扩散系数 (D\*)、灌注分数 (f)、平均扩散系数 (MD)、平均扩散峰度 (MK) 及各项异性 (FA) 值。采用独立样本 *t* 检验比较前列腺癌和 BPH、低危 (BPH+Gleason 评分 6 分) 和中高危病变 (Gleason 评分 ≥7 分) 病变参数的差异, ADC 值、IVIM 和 DKI 参数与 Gleason 评分间的相关性采用 Spearman 分析, 采用 ROC 分析评价各参数鉴别诊断前列腺癌和 BPH、低危和中高危病变诊断的效能。**结果** 移行带癌 27 例 (36 个病灶), BPH 患者 28 例 (40 个病灶); Gleason 评分 ≥7 分 (中高) 病灶 33 个, BPH+Gleason 评分 6 分 (低危) 组病灶 43 个。移行带前列腺癌和 BPH 组间、中高和低危组患者间的 ADC、D、MD、MK、FA 值差异均有统计学意义 (*P* 均 < 0.05), D\* 和 f 值的差异均无统计学意义 (*P* 均 > 0.05)。ADC、MD 值与 Gleason 评分呈负相关, *r* 值分别为 -0.585、-0.489, *P* 均 < 0.05。鉴别移行带前列腺癌和 BPH, ADC 值鉴别诊断的 ROC 下面积最大 (0.864), 与 D 值 (0.853) 的 ROC 下面积差异无统计学意义 (*P* > 0.05); DKI 模型参数中, MD 值的 ROC 下面积最大 (0.796); 多个模型参数联合诊断, ADC+D 值、ADC+MD 值、ADC+MD+D 值的 ROC 下面积分别为 0.892、0.884、0.897, 与单一 ADC 值的差异无统计学意义 (*P* > 0.05)。鉴别前列腺低危和中高危病变, ADC 值鉴别诊断的 ROC 下面积最大 (0.826), DKI 模型参数中 MD 值的 ROC 下面积最大 (0.743); 多个模型参数联合诊断, ADC+D 值、ADC+MD 值、ADC+MD+D 值的 ROC 下面积分别为 0.851、0.846、0.856, 与单一 ADC 值的差异无统计学意义 (*P* > 0.05)。**结论** IVIM 和 DKI 模型可用于鉴别诊断移行带前列腺癌并可预测中高级别前列腺癌, 但与 ADC 值相比无明显优势, ADC 值和 MD 值与移行区前列腺癌 Gleason 评分具有相关性。

**【关键词】** 前列腺肿瘤; 前列腺增生; 体素内不相干运动; 扩散峰度成像

**基金项目:** 苏州市科技局民生科技示范工程 (SS201808); 苏州市科技局民生科技关键技术应用研究 (SS201748); 国家重点研发计划 (2017YFC0114300)

DOI:10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2019.10.012

## The comparative study of in transition zone prostate cancer: diagnostic performance of new intravoxel incoherent motion and diffusion kurtosis imaging models

Bao Jie<sup>1</sup>, Wang Ximing<sup>1</sup>, Hu Chunhong<sup>1</sup>, Zhang Zhongshuai<sup>2</sup>, Hou Jianquan<sup>3</sup>, Li Han<sup>1</sup>, Wei Zhuxin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215006, China; <sup>2</sup>Diagnostic Division, Siemens Healthcare Ltd., Shanghai 201318, China; <sup>3</sup>Department of Urology, the First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215006, China

Corresponding author: Wang Ximing, Email: wangximing1998@163.com

**【Abstract】 Objective** To evaluate the diagnostic value of intravoxel incoherent motion (IVIM) and diffusion kurtosis imaging (DKI) parameters in diagnosing prostate cancer (PCa) in transition zone (TZ) and stratifying pathologic Gleason grade of prostate cancer. **Methods** A total of 55 patients who were undergoing preoperative multi-parameters MRI of T<sub>2</sub>WI, DWI, IVIM and DKI model for the exploration of

prostate cancer (January 2015 to June 2017) with pathologically confirmed by MRI-transrectal ultrasound (TRUS) targeted fusion biopsy were retrospectively included. Parameters were postprocessed by IVIM models including quantitation of perfusion fraction (f), diffusivity (D) and pseudo-diffusivity (D\*) and DKI models including the mean diffusivity (MD), mean kurtosis (MK) and fractional anisotropy (FA) by outlining the 3D VOI. Independent sample *t*-test was used to compare the differences in lesion parameters between prostate cancer and BPH, low-risk (BPH+Gleason score 6 points) and medium-high-risk lesions (Gleason score  $\geq 7$  points). Correlation between ADC values, IVIM and DKI parameters and Gleason scores were assessed with Spearman analysis. Receiver operating characteristic curve analysis was used to evaluate the efficacy of various parameters in the differential diagnosis of prostate cancer and BPH with low-risk or high-risk. **Results** 27 (36 focus) cases of PCa and 28 (40 focus) cases of benign prostatic hyperplasia (BPH) in PZ were included, meanwhile, the cases of GS  $\geq 7$  and BPH+(GS=6) were 33, 43, respectively. There were significant differences in ADC, D, MD, MK, and FA between patients in PCa-BPH group and high-low risk group in TZ ( $P < 0.05$ ), D\* and f had no significant differences ( $P > 0.05$ ). ADC and MD showed relatively higher negativity correlations ( $r$  were  $-0.585$  and  $-0.489$ ,  $P < 0.05$ ) with GS of PCa in TZ. ADC exhibited a higher area under the curve (AUC 0.864) compared with D with area under the curve (AUC 0.853), however, the difference is not significant ( $P > 0.05$ ). Of model DKI in diagnose of PCa and BPH, the highest classification accuracy was MD (AUC 0.796). The AUC derived from multiple model parameters in different combination of ADC+D value, ADC+MD value, and ADC+MD+D value were 0.892, 0.884, and 0.897, respectively. ADC and D of IVIM model showed a significance difference between GS  $\geq 7$  and BPH+(GS=6) with a higher AUC of 0.826 and 0.743. The AUC was 0.851 of the combination of mean ADC and D, 0.846 of combination of mean ADC and MD, the AUC (0.856) of the combination of ADC, D and MD significant higher than any two combined parameters ( $P > 0.05$ ). **Conclusions** IVIM and DKI models may help to discriminate prostate cancer from BPH, and predict mid-higher GS PCa in TZ. But there is no significant advantage compared with ADC values. It is feasible to stratify the pathological grade of prostate cancer in TZ by mean ADC and MD.

**【Key words】** Prostate neoplasms; Benign prostatic hyperplasia; Intravoxel incoherent motion; Diffusion kurtosis imaging

**Fund programs:** Suzhou Science and Technology Bureau-Science and Technology Demonstration Project (SS201808); Suzhou Science and Technology Bureau-Livelihood Technology-Application of Key Technology (SS201748); National Key R&D Program of China (2017YFC0114300)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2019.10.012

前列腺癌 (prostate cancer, PCa) 70%~75% 发生于外周带, 仅 25%~30% 发生于移行带<sup>[1]</sup>。虽然 MRI 检查在前列腺癌术前诊断和评估中具有重要作用, 但因移行带的组织成分复杂, 常伴有良性前列腺增生 (benign prostatic hyperplasia, BPH), 因此, 移行带前列腺癌的检出一直是临床的难点问题<sup>[2]</sup>。多参数 MRI (multi-parametric MRI, MpMRI) 主要包括常规序列和功能序列, 即高分辨率 T<sub>2</sub>WI 联合 DWI、动态对比增强 MRI、MR 波谱成像、体素内不相干运动 (intravoxel incoherent motion, IVIM)、MR 扩散张量成像及 MR 扩散峰度成像 (diffusion kurtosis imaging, DKI)。笔者旨在评价 IVIM 和 DKI 各参数在鉴别移行带前列腺癌和前列腺增生、鉴别低危和中高危前列腺癌中的价值, 并对 IVIM 和 DKI 各参数与前列腺 Gleason 评分的相关性进行评价。

## 资料与方法

### 一、研究对象

本研究通过了苏州大学附属第一医院伦理委员会的批准, 批准文号为 (2016) 伦审批第 041 号。所有患者在检查前均签署了知情同意书。

回顾性分析苏州大学附属第一医院 2015 年 1 月至 2017 年 6 月符合以下标准的患者。纳入标准: (1) 临床高度怀疑为 PCa; (2) 诊断经 MR-经直肠超声 (transrectal ultrasound, TRUS) 融合靶向穿刺活检证实; (3) 行 MpMRI 检查, 包括 T<sub>2</sub>WI、DWI、IVIM 和 DKI, 图像齐全; (4) 病灶均位于移行带, 即肿瘤体积超过 70% 位于移行带<sup>[3]</sup>。排除标准: 图像质量不佳或图像不全, 无法进行分析。55 例患者纳入研究, 其中移行带癌 27 例 (36 个病灶), BPH 患者 28 例 (40 个病灶)。移行带癌患者年龄 58~81 (69.0 $\pm$ 1.5) 岁, 前列腺特异性抗原 (prostate specific antigen, PSA) 为 (72.1 $\pm$ 26.9) ng/ml; BPH 患者年龄

51~80(63.0±1.5)岁,PSA为(12.9±1.1)ng/ml。

## 二、MRI 检查方法

采用德国 Siemens Skyra 3.0 T MR 设备,行盆腔 MpMRI 检查。

1. 常规扫描序列及参数:轴面、冠状面、矢状面 T<sub>2</sub>WI: TR 4 000 ms, TE 104 ms, FOV 180 mm × 180 mm, 层厚 3.0 mm, 无间距扫描, 层数 21, 矩阵 384×384, 反转角 134°, 回波链长度 18, 激励次数 1, 采集时间 2 min 58 s(轴面)、2 min 39 s(冠状面)、2 min 9 s(矢状面)。

2. DWI 检查:采用轴面平面回波成像序列, TR 4 000 ms, TE 58 ms, 层厚 3 mm, 矩阵 60×148, b=0、1 400 s/mm<sup>2</sup>, 自动生成 ADC 图。

3. 动态对比增强 T<sub>1</sub>WI:采用横轴面扫描 15~20 层, 时间分辨率 5.8 s, 扫描 64 个时相, 扫描时间 7 min。第 3 个动态扫描时相结束后经肘静脉注射对比剂 Gd-DTPA, 注射流率 3 ml/s, 剂量 0.1 mmol/kg。

4. DKI 扫描:采用横断面单次激发平面回波序列, TR 2 000 ms, TE 67 ms, FOV 240 mm×240 mm, 反转角 90°, 矩阵 120×160, 层厚 3.5mm, 激励次数 4, 层数 20。在 3 个方向上施加扩散梯度, b=0、700、1 500s/mm<sup>2</sup>, 扫描时间 6 min 44 s。

5. IVIM:行轴面扫描, TR 3 900 ms, TE 95 ms, 层厚 2.00 mm, 间距 0.24 mm, FOV 280 mm×280 mm, 矩阵 160×160, 激励次数 4, 共选取 7 个 b 值, 分别为 0、50、100、200、700、1 400、2 100 s/mm<sup>2</sup>, 扫描时间 5 min 10 s。

## 三、MRI 图像处理与分析

将所有患者 DICOM 格式的 DWI 单指数和 IVIM 双指数序列扫描所得图像导入 FireVoxel (CAI2R, New York University) 里, 由 2 名分别具有 10 年和 3 年前列腺 MRI 诊断经验的放射科医师共同协商, 按照三维感兴趣容积 (volum of interest, VOI) 法, 结合详细穿刺记录和常规 MRI 在原始图像上逐层勾画前列腺癌和前列腺增生结节, 并保存为 VOI 数据, 包括 ADC、扩散系数(D)、伪扩散系数(D\*)和灌注分数(f)值。再将上述患者的 DICOM 格式图像导入到第三方软件 DKE 和 Mrico 软件进行后处理, 勾画 VOI 方法如上, 测量记录平均扩散系数 (mean diffusivity, MD)、平均扩散峰度 (mean kurtosis, MK) 和各向异性分数 (fractional anisotropy, FA) 值。

## 四、MR-TRUS 融合穿刺

于 MRI 检查结束 1 周内对高度可疑病灶进行融合穿刺, 经会阴前列腺穿刺。在融合穿刺前先将

DICOM 格式的 MpMRI 原始数据导入 RVS 超声主机, 选取有明显异常信号的 T<sub>2</sub>WI、DWI 或动态对比增强图像, 然后标记目标病灶。应用 TRUS 作前列腺矢状面扫描, 以尿道内口、尿道、前列腺囊肿或射精管囊肿等解剖标记与 MRI 相同切面进行匹配。然后切换到横轴面, 以精囊和膀胱等解剖标记进一步校正 MpMRI 与 TRUS 融合图像同步情况, 超声可同步显示 MpMRI, 进而标记目标病灶。确认 MpMRI 与 TRUS 图像同步良好后, 采用 TRUS 行前列腺矢状面扫描, 找到标记“+”的目标病灶, 在穿刺支架引导下用 18 G 一次性穿刺枪经会阴进针, 接近靶目标中心施发穿刺枪, 转换横轴面扫描确认针道进入靶目标, 获取组织。穿刺的病理标本各个分区详细标记后常规甲醛固定送病理检查。

## 五、统计学方法

采用 SPSS22.0 和 Medcacl 15.0 软件进行统计学分析。Kolmogorov-Smirnov 检验计量资料是否符合正态分布, 符合正态分布的计量资料用  $\bar{x} \pm s$  表示, 采用独立样本 *t* 检验比较两组间参数的差异。ADC 值、IVIM 参数和 DKI 参数与 Gleason 评分 (Gleason 评分 ≥7 分组、BPH+Gleason 评分 6 分组) 间的相关性检验采用 Spearman 相关分析。绘制 ROC 分析 ADC 值、IVIM 参数和 DKI 参数结果鉴别诊断前列腺癌和 BPH、低危 (BPH+Gleason 评分 6 分) 和中高危病变 (Gleason 评分 ≥7 分) 病变的诊断效能, 再应用 logistic 回归联合多参数绘制 ROC, 并采用 *Z* 检验比较各参数的 ROC 下面积。P<0.05 为差异有统计学意义。

## 结 果

### 一、IVIM 和 DKI 定量参数比较

移行带前列腺癌和 BPH 组间、Gleason 评分 ≥7 分组和 BPH+Gleason 评分 6 分组患者间的 ADC、D、MD、MK、FA 值差异均有统计学意义, D\* 和 f 值的差异均无统计学意义 (表 1, 2)。ADC、MD 值与 Gleason 评分呈负相关, *r* 值分别为 -0.585、-0.489, *P* 均 <0.05; D、D\*、f、MK、FA 值与 Gleason 评分无相关性, *P*>0.05。移行带典型前列腺癌和 BPH 患者影像和病理图片见图 1~18。

### 二、各参数的诊断效能

鉴别移行带前列腺癌和 BPH, ADC 值鉴别诊断的 ROC 下面积最大 (0.864), 与 D 值 (0.853) 的 ROC 下面积差异无统计学意义; DKI 模型参数

表 1 移行区前列腺癌和 BPH 患者的 IVIM 和 DKI 模型参数比较结果( $\bar{x} \pm s$ )

分组	病灶数(个)	IVIM 参数				DKI 参数		
		ADC 值 ( $\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ )	D 值 ( $\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ )	D* 值 ( $\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ )	f 值	MD 值 ( $\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ )	MK 值	FA 值
前列腺癌组	36	1.06±0.25	0.65±0.76	5.77±3.47	10.01±1.79	1.55±0.33	0.71±0.20	0.17±0.03
BPH 组	40	1.41±0.20	1.25±1.09	5.25±4.70	10.23±1.89	1.89±0.29	0.62±0.09	0.15±0.04
t 值		2.66	-2.76	0.54	1.50	-4.79	2.66	3.73
P 值		<0.05	<0.01	0.588	0.137	<0.05	<0.05	<0.05

注: BPH: 良性前列腺增生; IVIM: 体素内不相干运动; DKI: 扩散峰度成像; D: 扩散系数; D\*: 伪扩散系数; f: 灌注分数; MD: 平均扩散系数; MK: 平均扩散峰度; FA: 各向异性分数

表 2 移行区病变不同 Gleason 评分患者的 IVIM 和 DKI 模型参数比较结果( $\bar{x} \pm s$ )

分组	病灶数(个)	IVIM 参数				DKI 参数		
		ADC 值 ( $\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ )	D 值 ( $\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ )	D* 值 ( $\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ )	f 值	MD 值 ( $\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ )	MK 值	FA 值
Gleason 评分 $\geq 7$ 分组	33	1.06±0.26	0.66±0.79	5.83±3.45	15.56±1.86	1.57±0.33	0.71±0.21	0.18±0.03
BPH+Gleason 评分 6 分组	43	1.38±0.21	1.20±1.07	5.24±4.62	16.21±1.88	1.85±0.32	0.63±0.09	0.15±0.036
t 值		-5.58	-2.45	0.61	1.41	-3.76	2.28	3.80
P 值		<0.05	<0.05	0.543	0.163	<0.05	<0.05	<0.05

注: BPH: 良性前列腺增生; IVIM: 体素内不相干运动; DKI: 扩散峰度成像; D: 扩散系数; D\*: 伪扩散系数; f: 灌注分数; MD: 平均扩散系数; MK: 平均扩散峰度; FA: 各向异性分数

中, MD 值的 ROC 下面积最大(0.796); 多个模型参数联合诊断, ADC+D 值、ADC+MD 值、ADC+MD+D 值的 ROC 下面积分别为 0.892、0.884、0.897, 与单一 ADC 值的差异无统计学意义(表 3)。

鉴别前列腺低危和中高危病变, ADC 值鉴别诊断的 ROC 下面积最大(0.826), DKI 模型参数中 MD 值的 ROC 下面积最大(0.743); 多个模型参数联合诊断, ADC+D 值、ADC+MD 值、ADC+MD+D 值的 ROC 下面积分别为 0.851、0.846、0.856, 与单一 ADC 值的差异无统计学意义(表 3)。

## 讨 论

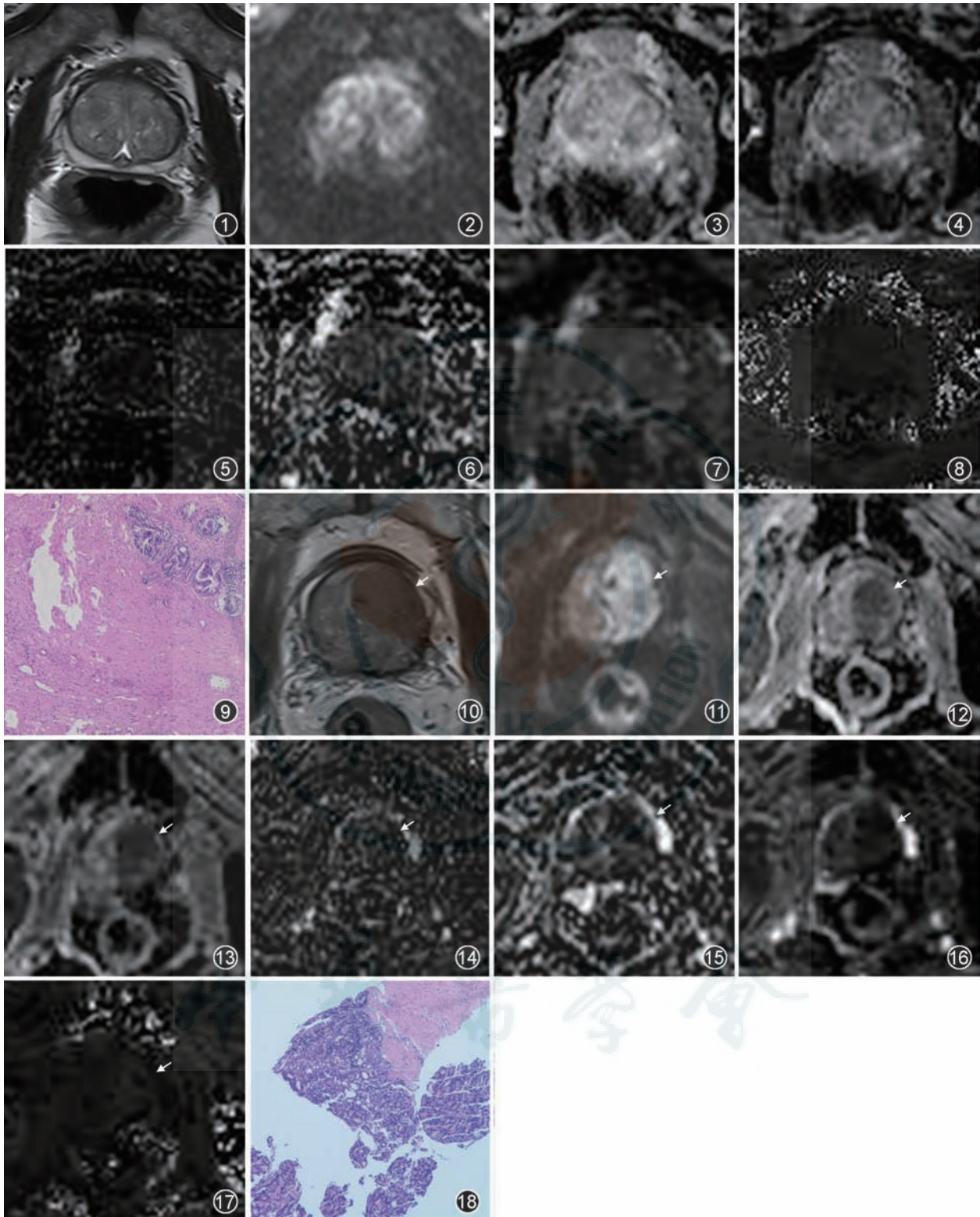
一、IVIM 和 DKI 参数对移行带前列腺癌的鉴别诊断价值

本研究中, 移行带前列腺癌和 BPH 组间、Gleason 评分 $\geq 7$  分组和 BPH+Gleason 评分 6 分组患者间的 ADC、D、MD、MK、FA 值差异均有统计学意义, D\* 和 f 值的差异均无统计学意义, 与其他学者的结果一致<sup>[4]</sup>。恶性病灶或高级别癌灶的 ADC、D 和 MD 值低于良性病灶或低级别癌灶, 这与恶性病变内组织的复杂程度高、细胞密集等特点有关, 恶性

表 3 IVIM 和 DKI 检查参数鉴别诊断移行区前列腺癌和 BPH、低危和中高危病变的效能

MRI 参数	鉴别移行区前列腺癌和 BPH				鉴别移行区前列腺低危和中高危病变			
	ROC 下面积 (95% 可信区间)	临界值	敏感度 (%)	特异度 (%)	ROC 下面积 (95% 可信区间)	临界值	敏感度 (%)	特异度 (%)
ADC	0.864(0.766~0.932)	$1.14 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$	69.44	95.00	0.826(0.722~0.904)	$1.26 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$	84.85	72.09
D	0.853 <sup>a</sup> (0.754~0.924)	$0.53 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$	69.44	97.50	0.690 <sup>b</sup> (0.573~0.791)	$0.40 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$	60.61	90.70
MD	0.796 <sup>a</sup> (0.688~0.880)	$1.76 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$	77.78	75.00	0.743 <sup>b</sup> (0.630~0.837)	$1.76 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$	75.76	69.77
MK	0.650(0.532~0.756)	0.71	38.89	90.00	0.616(0.497~0.725)	0.71	36.36	86.05
FA	0.722(0.608~0.819)	0.15	77.78	60.00	0.730(0.616~0.826)	0.17	66.67	76.74
ADC+D	0.892 <sup>a</sup> (0.800~0.952)	—	83.33	90.00	0.851 <sup>b</sup> (0.751~0.923)	—	81.82	83.72
ADC+MD	0.884 <sup>a</sup> (0.790~0.946)	—	80.56	97.50	0.846 <sup>b</sup> (0.745~0.919)	—	78.79	90.70
ADC+MD+D	0.897 <sup>a</sup> (0.805~0.955)	—	80.56	97.50	0.856 <sup>b</sup> (0.756~0.926)	—	78.79	90.70

注: IVIM: 体素内不相干运动; DKI: 扩散峰度成像; BPH: 良性前列腺增生; D: 扩散系数; MD: 平均扩散系数; MK: 平均扩散峰度; FA: 各向异性分数。<sup>a</sup>: 鉴别移行区前列腺癌和 BPH, 与 ADC 值的 ROC 下面积差异无统计学意义( $P > 0.05$ ); <sup>b</sup>: 鉴别移行区前列腺低危和中高危病变, 与 ADC 值的 ROC 下面积差异无统计学意义( $P > 0.05$ ); —: 拟合后参数



**图1-9** 男,65岁,良性前列腺增生。图1为T<sub>2</sub>WI,示中央腺体体积增大,信号不均。图2为DWI,呈等信号。图3为ADC图,病变呈等信号。图4-6为体内内不相干运动(IVIM)的扩散系数(D)、伪扩散系数(D\*)和灌注分数(f)图,图7、8分别为扩散峰度成像(DKI)的平均扩散系数(MD)和平均扩散峰度(MK)图。图9为病理HE图,示良性前列腺增生(HE ×40) **图10-18** 男,87岁,前列腺癌,↑示病变。图10为T<sub>2</sub>WI,前列腺移行带左侧见团片状低信号,与左侧外周带分界不清。图11为DWI,呈高信号。图12为ADC图,呈低信号。图13~15为IVIM模型的D图、D\*图和f图,图16、17为DKI模型的MD图和MK图。图18为病理HE图,示腺癌(Gleason评分4+4=8)(HE ×40)

肿瘤细胞密度大、间隙小,限制了水分子的自由扩散。随着恶性程度越高,肿瘤细胞的异型性增加,

正常的腺体组织被体积更小、数量更多、排列更加紧密的肿瘤细胞代替<sup>[5]</sup>,与此同时,肿瘤组织血供

越丰富,肿瘤内部的微血管密度和血管通透性的血流灌注指标增高越明显,因此这些参数在鉴别低危和中高危病灶中也具有统计学意义。本研究中,癌灶和中高级别前列腺癌的MK和FA高于前列腺增生病灶和低级别前列腺癌。两组间D\*值差异无统计学意义,分析主要原因可能是前列腺癌的生长和侵袭依赖新生血管,但新生血管多不成熟,通畅性差,使得毛细血管的血流速度并没有增加;f值差异无统计学意义,可能原因为f值不仅包含微血管的血流灌注,也包含了腺体的分泌、腺管内液体的流动等,因而导致f值偏离实际水平。在这些参数中,ADC值和MD值随着肿瘤恶性程度的增加及生长不均匀性的升高而数值降低,从而有助于反映前列腺癌的侵袭性

在鉴别移行区前列腺癌和BPH时,D值能达到与传统的ADC值相近的诊断效能,并且具有较高的特异度,提示D值在诊断移行带前列腺癌中具有价值。另外,MD值的曲线下面积高于其他DKI参数,但与ADC值相比,诊断效能并无提升,将ADC值和IVIM和DKI模型参数联合应用,也未能提高诊断效能,提示两种技术参数联合较单独任何一项技术对移行区前列腺的诊断并无更大价值。IVIM模型和DKI模型虽然能够为临床医师提供更多定量参数,但是相比于采用单指数模型分析只需要至少2个b值的图像,这些参数的计算需要3个或者4个以上b值的DWI图像来支持,这些参数的可重复性较差<sup>[7]</sup>,加上扫描时间较长,在临床应用方面可能受到一定限制,其潜在价值有待进一步探索。

## 二、本研究的不足

第一,均是移行区病灶,而缺乏移行区病灶和外周带病灶的对比研究;第二,多数前列腺癌的病理性级别较高,容易造成研究结果的偏倚;第三,IVIM和DKI模型b值数量和数值的选取有待进一步研究。

综上所述,IVIM和DKI模型在移行区前列腺癌的诊断和预测高级别前列腺癌中具有一定价值,但是与常用的ADC值相比并无明显优势,ADC值和MD值与移行区前列腺Gleason评分具有相关性。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

## 参 考 文 献

- [1] Siegel C. Re: Transition zone prostate cancer: detection and localization with 3-T multiparametric MR imaging[J]. J Urol, 2013, 190(3): 881. DOI:10.1016/j.juro.2013.05.046.
- [2] Döpfert J, Lemke A, Weidner A, et al. Investigation of prostate cancer using diffusion-weighted intravoxel incoherent motion imaging[J]. Magn Reson Imaging, 2011, 29(8): 1053-1058. DOI:10.1016/j.mri.2011.06.001.
- [3] Bouyé S, Potiron E, Puech P, et al. Transition zone and anterior stromal prostate cancers: zone of origin and intraprostatic patterns of spread at histopathology[J]. Prostate, 2009, 69(1): 105-113. DOI:10.1002/pros.20859.
- [4] Zhang YD, Wang Q, Wu CJ, et al. The histogram analysis of diffusion-weighted intravoxel incoherent motion (IVIM) imaging for differentiating the gleason grade of prostate cancer [J]. Eur Radiol, 2015, 25(4): 994-1004. DOI: 10.1007 / s00330-014-3511-4.
- [5] Riches SF, Hawtin K, Charles-Edwards EM, et al. Diffusion-weighted imaging of the prostate and rectal wall: comparison of biexponential and monoexponential modelled diffusion and associated perfusion coefficients[J]. NMR Biomed, 2009, 22(3): 318-325. DOI:10.1002/nbm.1328.
- [6] Hoeks CM, Hambrock T, Yakar D, et al. Transition zone prostate cancer: detection and localization with 3-T multiparametric MR imaging[J]. Radiology, 2013, 266(1): 207-217. DOI:10.1148/radiol.12120281.
- [7] Wang Q, Li H, Yan X, et al. Histogram analysis of diffusion kurtosis magnetic resonance imaging in differentiation of pathologic Gleason grade of prostate cancer[J]. Urol Oncol, 2015, 33(8): 337. e15-337. e24. DOI: 10.1016 / j. urolonc.2015.05.005.

(收稿日期:2019-03-25)

(本文编辑:张晓冬)