

前列腺癌体积对 PI-RADS v2 检出效能的影响:基于逐层切片病理检查

王慧慧, 胡娟, 何群, 沈棋, 王霄英, 高歌, 姜健, 王可

【摘要】 目的:探讨以第二版前列腺影像报告及数据系统(PI-RADS v2)为诊断标准,多参数 MRI (mpMRI)对不同体积前列腺癌的诊断效能。**方法:**52例前列腺癌患者行 mpMRI 检查,且所有患者在本院行前列腺根治术并进行逐层切片病理检查,共发现 83 个临床显著癌,其中体积 $\geq 0.5\text{cm}^3$ 的癌灶(任何 Gleason 评分)47 个(A组),体积 $< 0.5\text{cm}^3$ 且 Gleason 评分 $\geq 3+4$ 的癌灶 36 个(B组)。由两位阅片者以 PI-RADS v2 作为评分标准,对所有患者的 mpMRI 图像进行独立盲法阅片,分别比较两位医师对两组临床显著癌的检出率。**结果:**两位阅片者对 A 组中外周带癌和移行带癌的检出率分别为 100%(25/25)、100%(25/25)和 100%(22/22)、86.4%(19/22)。两位阅片者对 B 组中外周带癌和移行带癌的检出率分别为 36%(9/25)、52%(13/25)和 9.1%(1/11)、9.1%(1/11)。**结论:**PI-RADS v2 对于体积 $\geq 0.5\text{cm}^3$ 的癌灶具有非常高的检出率,但对于体积 $< 0.5\text{cm}^3$ 且 Gleason 评分 $\geq 3+4$ 的癌灶诊断价值有限。

【关键词】 前列腺癌; 前列腺影像报告及数据系统; 磁共振成像; 逐层切片病理检查

【中图分类号】 R445.2; R737.25 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2018)04-0398-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.04.015

Prostate imaging reporting and data system version 2 (PI-RADS v2) in detecting different volume of prostate cancer: based on whole-mount step-section pathology WANG Hui-hui, HU Juan, HE Qun, et al.

【Abstract】 Objective: To evaluate the diagnostic accuracy of Prostate Imaging Reporting and Data System version 2 (PI-RADS v2) for different volume prostate cancer by using whole-mount step-section slides as standard of reference. **Methods:** Fifty-two consecutive patients with biopsy-proven prostate cancer (PCa) were included. All patients underwent mpMRI of the prostate, including T_2 WI, DWI and DCE. Following radical prostatectomy, all specimens were processed as whole-mount step-section slides. MR images were interpreted according to PI-RADS v2 by two radiologists (Reader A and B) who were blinded to clinical details and histopathology. Forty-seven tumours of size $\geq 0.5\text{cm}^3$ [any Gleason Score (GS)] and 36 tumours of size $< 0.5\text{cm}^3$ (GS $\geq 3+4$) were identified on whole-mount pathology. We calculated the proportion of PCa foci on whole-mount pathology correctly identified with PI-RADS v2, stratified by pathologic tumour volume. **Results:** For reader A, PI-RADS v2 allowed correct identification of 25/25 (100%) peripheral zone (PZ) and 22/22 (100%) transition zone (TZ) tumours $\geq 0.5\text{cm}^3$, but only 9/25 (36%) PZ and 1/11 (9.1%) TZ tumours with a GS $\geq 3+4$. For reader B, PI-RADS v2 allowed correct identification of 25/25 (100%) PZ and 19/22 (86.4%) TZ tumours $\geq 0.5\text{cm}^3$, but only 13/25 (52.0%) PZ and 1/11 (9.1%) TZ tumours $< 0.5\text{cm}^3$ (GS $\geq 3+4$). **Conclusion:** PI-RADS v2 could correctly identify 86.4%~100% of PCa tumors $\geq 0.5\text{cm}^3$, but was limited for the assessment of tumours $< 0.5\text{cm}^3$ with GS $\geq 3+4$.

【Key words】 Prostate cancer; Prostate Imaging Reporting and Data System; Magnetic resonance imaging; Whole-mount step-section pathology

作者单位: 100034 北京大学第一医院医学影像科(王慧慧、王霄英、高歌、姜健、王可), 泌尿外科(何群、沈棋); 650032 昆明医科大学第一附属医院医学影像科(胡娟)

作者简介: 王慧慧(1988-), 女, 山东威海人, 博士, 住院医师, 主要从事腹部影像诊断工作。

通讯作者: 王霄英, E-mail: cjr.wangxiaoying@vip.163.com

多参数磁共振成像(multiparametric MRI, mpMRI)是评估前列腺癌(prostate cancer, PCa)的重要影像检查方法^[1-2],检查目的逐步由术前分期或复查演变为定性诊断^[3]。为了建立前列腺 mpMRI 图像解读和报告规范,前列腺影像报告及数据系统(Prostate Imaging Reporting and Data System, PI-RADS)在 2012 年首次由欧洲泌尿生殖放射学会(ESUR)提出,并在 2014 年进行了更新和修正(命名为 PI-RADS v2)^[4-5]。PI-RADS v2 是目前研究数据和共识的结合体,大部分标准都是基于专家的临床经验和共识,仍然迫切需要不同地区的研究数据进行分析 and 验证,并根据这些临床经验和客观数据逐步发展和不断优化。本研究以前列腺逐层切片病理检查为标准,探讨 PI-RADS v2 对不同体积前列腺癌的诊断价值。

材料与方法

1. 病例资料

回顾性搜集 2012 年 11 月—2017 年 1 月于我院行前列腺 mpMRI 检查的患者资料。纳入标准:①临床资料完整;②mpMRI 资料完整;③于本院行前列腺根治术(radical prostatectomy, RP)并进行逐层切片病理检查;④RP 之前未进行过任何治疗,包括内分泌治疗和放疗等。

2. mpMRI 扫描技术

使用 GE Signa TwinSpeed 3.0T、Discovery HD750 3.0T 和 Philips Achieva TX 3.0T 磁共振扫描仪^[2]。患者采用仰卧位,以盆腔相控阵线圈采集图像。前列腺 mpMRI 局部扫描的基本序列包括 T₁WI、T₂WI、扩散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)及动态对比增强扫描(dynamic contrast enhancement, DCE)。其中,横轴面 T₂WI 采用 FSE/TSE 序列,扫描参数:TR 3500 或 2924 ms,TE 85 或 90 ms,层厚 4 mm,层间距 0 mm,回波链长度 19 或 14,视野 24 cm × 24 cm 或 18 cm × 26 cm,激励次数 4 或 3,矩阵 320 × 256 或 180 × 244。DWI 扫描使用单次激发 EPI 序列(b 值=0 和 800~1000 s/mm²),并重建表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)图。DCE 扫描采用肝加速容积采集(liver accelerate volume acquisition, LAVA)或 T₁ 高分辨率各向同性容积激发(T₁ high resolution isotropic volume excitation, THRIVE)序列,使用高压注射器经静脉团注 Gd-DTPA,剂量 0.1 mmol/kg,注射流率 2 mL/s;打药前进行一组横轴面扫描作为蒙片,打药的同时进行连续横轴面图像采集,时间约 3 min(17 个时相);LAVA 序列扫描参数:TR 3.1~4.5 ms,TE 1.5~2.2 ms,翻转角 15°,视野 36 cm × 36 cm,矩阵 256 × 256,层厚

3.8 mm;扫描层数 22,并行采集空间敏感性编码技术;eTHRIVE 序列扫描参数:TR 3.15 ms,TE 1.5 ms,翻转角 10°,视野 31 cm × 20 cm,矩阵 288 × 288,层厚 2.5 mm,扫描层数 40,并行采集空间敏感性编码技术。

3. mpMRI 图像分析

由两位影像科医师(前列腺 MR 阅片经验分别为 2 和 16 年)按照 PI-RADS v2 标准在 PACS 上进行独立盲法评分(对患者的临床资料和既往影像诊断均不知情)。PI-RADS 评分的临床意义^[5]:1 分,临床显著癌的可能性非常小;2 分,临床显著癌的可能性较小;3 分,临床显著癌的可能性不确定;4 分,临床显著癌的可能性较大;5 分,临床显著癌的可能性非常大。当 PI-RADS 评分 ≥ 3 则认为病变为可疑阳性发现。阅片的流程是按照实际临床工作情况设定,由两位阅片者分别对 mpMRI 图像逐层进行分析和观察,分别记录可疑病灶的位置和评分。

4. 逐层病理切片

将离体前列腺标本置于 10% 的福尔马林溶液中固定 12~24 h,根治标本全部取材。将标本沿垂直背侧缘切线方向做横切面,自尖部向底部方向以 3~4 mm 的厚度依次进行组织切片,最后与精囊腺离断。随后进行常规梯度酒精脱水、透明、浸蜡和石蜡包埋,在轮转式病理切片机上切片,厚度为 4~5 μm,保证切片的标本组织均匀、完整、无卷曲,在完成烤片、脱蜡、HE 染色、脱水和封片等各项步骤后,最终获得 HE 染色病理玻片。由一位经验丰富的泌尿病理医师(诊断经验 30 年)在显微镜下(40 倍视野)对所有前列腺癌灶的边界进行勾画,并以癌灶为单位进行 Gleason 评分。癌灶的位置则以肿瘤细胞主要分布的部位划分为外周带或移行带。使用 Matlab 软件对勾画出的癌灶逐层进行面积测量,以 3 mm 为厚度,计算癌灶的病理体积(面积与厚度的乘积)。临床显著癌的定义:癌灶体积 ≥ 0.5 cm³ 和/或 Gleason 评分 ≥ 3+4 和/或有前列腺外侵犯转移。

5. 统计学方法

基于前列腺根治术后前列腺标本的逐层切片病理检查,以 PI-RADS ≥ 3 分为阳性发现,分别计算癌灶体积 ≥ 0.5 cm³、或癌灶体积 < 0.5 cm³ 且 Gleason 评分 ≥ 3+4 时,两位阅片者对外周带和移行带癌灶的检出率。使用 SPSS 19.0 统计分析软件,采用 Weighted Kappa 检验对病理证实的临床显著癌的 PI-RADS 评分进行一致性分析。Kappa 值 ≤ 0.40 视为一致性差,0.40 < Kappa 值 ≤ 0.75 视为一致性中等, Kappa 值 > 0.75 视为一致性良好。以 P < 0.05 为差异具有统计学意义。

结果

1. 一般资料

共计 52 例患者纳入分析, 年龄 49~76 岁, 平均 (65.8±6.9) 岁。实验室检查: tPSA 4.27~50.52 ng/mL, 中位数 11.58 ng/mL; fPSA 0.29~5.80 ng/mL, 中位数 1.48 ng/mL; f/tPSA 范围 0.04~0.36, 中位数 0.11。mpMRI 检查与手术的间隔时间为 21~145 天, 平均 (65±29) 天。52 例患者在逐层切片病理检查时共发现了 83 个临床显著癌病灶。

2. mpMRI 检出能力

两位医师对病理体积 $\geq 0.5 \text{ cm}^3$ 癌灶的评估结果见表 2。阅片者 A 对外周带 PCa (图 1) 的检出率为 25/25 (100%), 其中 DWI 上评估为 3 分的癌灶只有 1 个、其 DCE 为阳性表现; 阅片者 A 对移行带 PCa 的检出率为 22/22 (100%), 其中 3 个癌灶在 T_2 WI 上评分为 3 分、但是 DWI 上评分为 4 分。阅片者 B 对外周带 PCa 的检出率为 25/25 (100%), DWI 上评分为 3 分的癌灶有 6 个, 其中 3 个病灶在 DCE 上表现为阳性; 对移行带癌的检出率为 19/22 (86.4%), 其中 1 个癌灶在 T_2 WI 上评分为 3 分、DWI 上评分为 5 分, 漏诊了 3 例 (图 2)。

两位医师对癌灶病理体积 $< 0.5 \text{ cm}^3$ 且 Gleason 评分 $\geq 3+4$ 的前列腺癌的评估结果见表 2。阅片者 A 对外周带 PCa 的检出率为 9/25 (36%), 在 DWI 上评分为 3 分的癌灶有 4 个、其中在 DCE 上为阳性表现者 1 个; 对移行带 PCa 的检出率为 1/11 (9.1%), 此例患者在各序列图像上的评分分别为 T_2 WI 上 4 分、DWI 上 3 分、DCE 上为阳性表现。阅片者 B 对外周带癌的检出率为 13/25 (52%), DWI 上评分为 3 分的癌灶有

5 个、其中 DCE 上为阳性表现者 3 个; 对移行带癌的检出率为 1/11 (9.1%), 与阅片者 A 检出的病例一致, 在各序列图像上的评分分别为 T_2 WI 4 分、DWI 4 分、DCE 阳性表现。

3. 两位阅读片者评分的一致性

将两位阅片者对前列腺临床显著癌的 PI-RADS 评分进行一致性检验, 结果显示两位阅片者评分的一致性中等, Kappa 值 = 0.643 ($P < 0.001$)。

讨论

前列腺 mpMRI 对前列腺癌的诊断、分期及随访具有重要的意义^[6-8]。为了建立前列腺 MR 扫描技术、阅片和诊断报告的标准化和统一性, PI-RADS 作为统一的结构式评分系统被提出^[4]。PI-RADS v2 是针对前列腺临床显著癌的 mpMRI 最低技术标准和最新影像诊断标准, 其中对临床显著癌的定义为 Gleason 评分 ≥ 7 、和/或肿瘤体积 $\geq 0.5 \text{ cm}^3$ 和/或前列腺外侵犯 (extraprostatic extension, EPE)。与 PI-RADS v1 相比较, PI-RADS v2 在阅片者的一致性以及对前列腺癌的诊断效能方面均有提高^[9], 但是阅片的一致性仍然只能达到中等程度^[7,9,10]。目前针对 PI-RADS v2 的研究已有很多文献报道, Zhao 等^[7]的研究中 PI-RADS 3~5 分对诊断临床显著癌的敏感度和特异度分别达 81.9%~96.6% 和 83.0%~91.4%。Baldisserotto 等^[10]以超声引导下穿刺活检结果作为金标准, 以 PI-RADS ≥ 3 分为阳性发现时的诊断符合率为 70.4%~85.2%, 以 PI-RADS ≥ 4 分为阳性发现时的诊断符合率为 77.8%。Greer 等^[11]以逐层切片病理检查作为金标准, 发现 PI-RADS v2 对标志病灶的诊断敏感度为 92%、对所有前列腺癌的诊断敏感度为

表 1 体积 $\geq 0.5 \text{ cm}^3$ 的临床显著癌评分情况

PI-RADS 评分	外周带 PCa (n=25)					移行带 PCa (n=22)				
	T_2 WI 评分	DCE 评分	DWI 评分	计数 (阅片者 A)	计数 (阅片者 B)	T_2 WI 评分	DCE 评分	DWI 评分	计数 (阅片者 A)	计数 (阅片者 B)
1	任何	任何	1	0	0	任何	任何	1	0	0
2	任何	任何	2	0	0	任何	任何	2	0	3 (13.6%)
3	任何	阴性	3	0	0	任何	≤ 4	3	3 (13.6%)	4 (18.2%)
3	任何	阳性	4	1 (4.0%)	1 (4.0%)	任何	5	4	0	1 (4.5%)
4	任何	任何	4	8 (32.0%)	4 (16.0%)	任何	任何	4	5 (22.7%)	4 (18.2%)
5	任何	任何	5	16 (64.0%)	20.0 (80.0%)	任何	任何	5	14 (63.6%)	10 (45.5%)

表 2 体积 $< 0.5 \text{ cm}^3$ 且 Gleason 评分 $\geq 3+4$ 的临床显著癌的评分情况

PI-RADS	外周带 PCa (n=25)					移行带 PCa (n=22)				
	T_2 WI 评分	DCE 评分	DWI 评分	计数 (阅片者 A)	计数 (阅片者 B)	T_2 WI 评分	DCE 评分	DWI 评分	计数 (阅片者 A)	计数 (阅片者 B)
1	任何	任何	1	0/0	0/0	任何	任何	1	0/0	0/0
2	任何	任何	2	16 (64.0%)	12 (48.0%)	任何	任何	2	10 (90.9%)	10 (90.9%)
3	任何	阴性	3	3 (12.0%)	2 (8.0%)	任何	≤ 4	3	0	0
3	任何	阳性	4	1 (4.0%)	3 (12.0%)	任何	5	4	0	0
4	任何	任何	4	5 (20.0%)	6 (24.0%)	任何	任何	4	1 (9.1%)	1 (9.1%)
5	任何	任何	5	0	2 (8.0%)	任何	任何	5	0	0

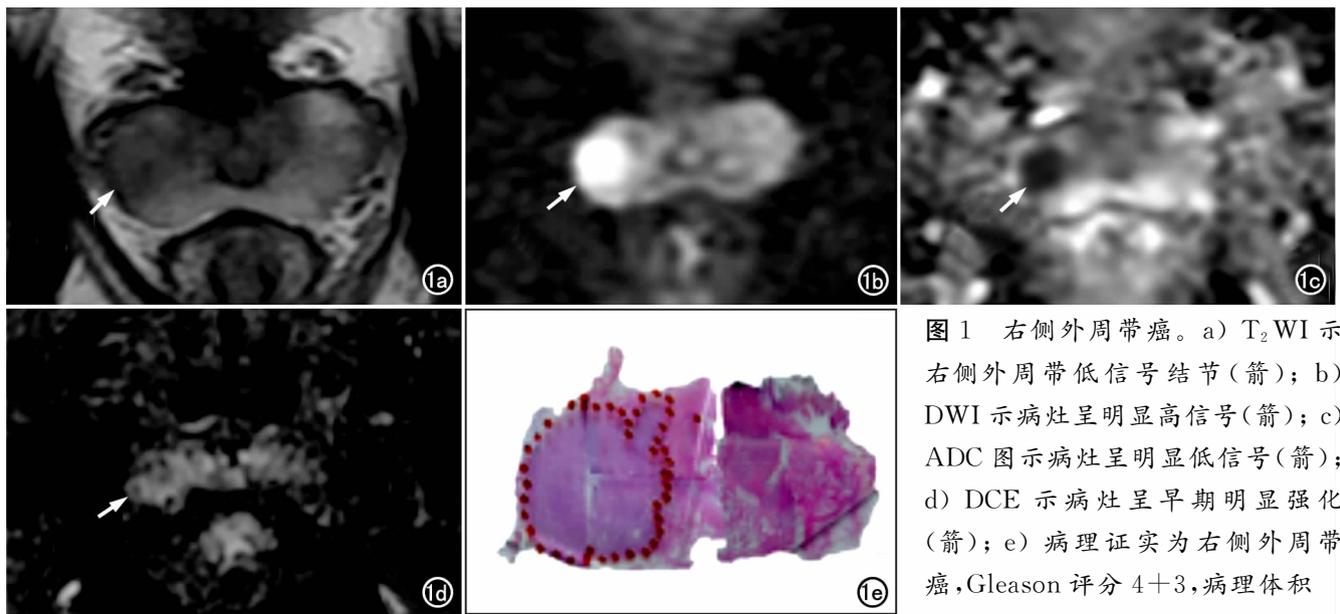


图1 右侧外周带癌。a) T_2 WI 示右侧外周带低信号结节(箭); b) DWI 示病灶呈明显高信号(箭); c) ADC 图示病灶呈明显低信号(箭); d) DCE 示病灶呈早期明显强化(箭); e) 病理证实为右侧外周带癌, Gleason 评分 4+3, 病理体积

1.60 cm^3 , 阅片者 A 评分 PI-RADS 5 分, 阅片者 B 评分 PI-RADS 5 分。

63%。标志病灶定义为逐层切片病理 Gleason 评分最高的癌灶; 如果 Gleason 评分一致, 则选取前列腺外侵犯者为标志病灶; 否则选取体积较大者为标志病灶。Vargas 等^[12]的研究中, mpMRI 对病理体积 $\geq 0.5cm^3$ 的外周带和移行带 PCa 的检出率分别为 94% (118/125) 和 95% (42/44); 而对病理体积 $< 0.5cm^3$ 且 Gleason 评分 $\geq 4+3$ 的癌灶, mpMRI 的诊断效能非常有限, 对外周带和移行带癌灶的检出率仅为 26% (7/27) 和 20% (2/10)。

本研究结果显示, PI-RADS v2 对病理体积 $\geq 0.5cm^3$ 的前列腺癌具有极高的检出率, 可以发现 100% (26/26) 的外周带癌灶和 86.4%~100% (19/22~22/22) 的移行带癌灶, 而且阅片者间的评分一致性为中等, 这些结果与上述文献报道的结果基本一致。对于病理体积 $\geq 0.5cm^3$ 的前列腺癌, 尽管阅片者的经验不同, 但均可以根据 PI-RADS v2 做出正确诊断, 甚至临床经验尚浅的阅片者可以发现更多的移行带癌灶。如本研究中有 3 例移行带癌被阅片者 A 检出, 但

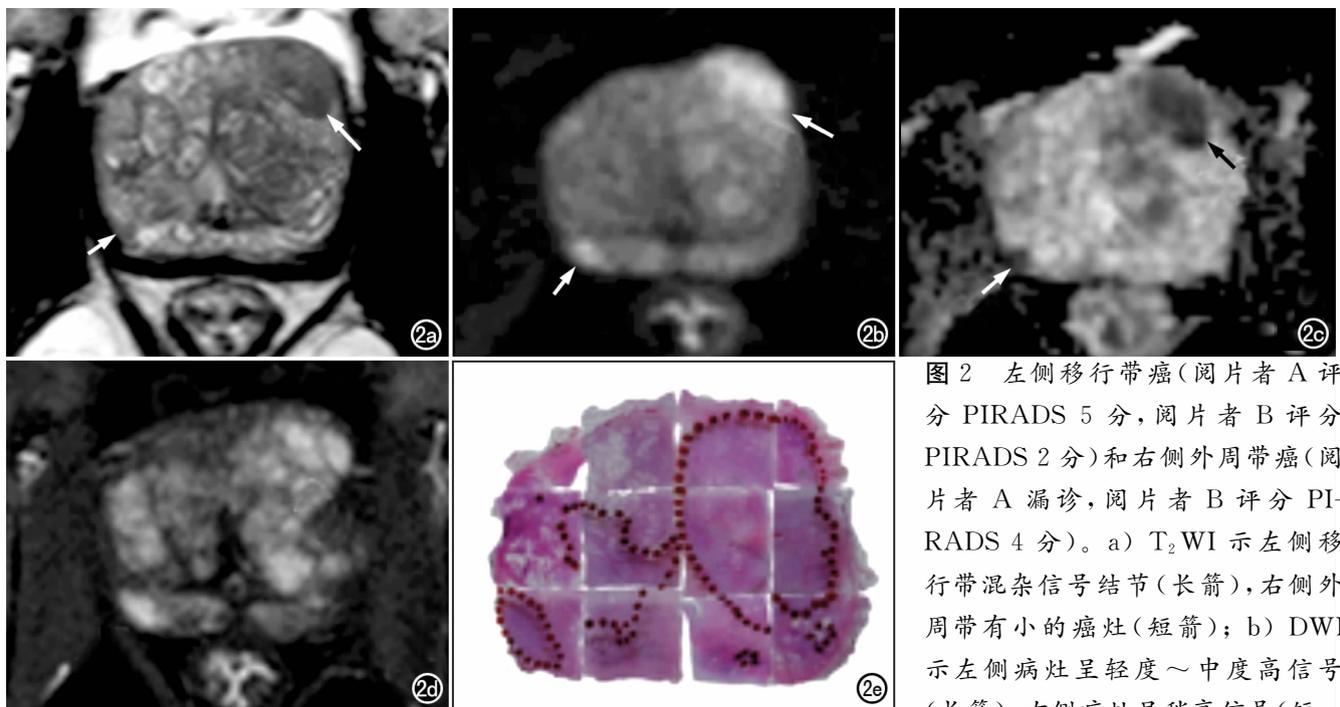


图2 左侧移行带癌(阅片者 A 评分 PIRADS 5 分, 阅片者 B 评分 PIRADS 2 分)和右侧外周带癌(阅片者 A 漏诊, 阅片者 B 评分 PI-RADS 4 分)。a) T_2 WI 示左侧移行带混杂信号结节(长箭), 右侧外周带有小的癌灶(短箭); b) DWI 示左侧病灶呈轻度~中度高信号(长箭), 右侧病灶呈稍高信号(短

箭); c) ADC 图示病灶均呈明显低信号(箭); d) DCE 显示病灶强化且移行带病灶呈明显多发结节状; e) 病理证实左侧移行带癌的 Gleason 评分 3+4, 病理体积 8.17 cm^3 , 右侧外周带癌灶的 Gleason 评分 3+4, 病理体积 0.47 cm^3 。

未被阅片者 B 识别,其中 1 例癌灶(图 2)的病理体积为 8.17cm^3 , Gleason 评分 3+4, $T_2\text{WI}$ 上评分为 5 分(阅片者 A)和 2 分(阅片者 B), DWI 上评分为 3 分(阅片者 A 和 B), DCE 表现为阴性(阅片者 A 和 B)。两位阅片者诊断出现差异的原因主要是对病灶 $T_2\text{WI}$ 上的表现存在不同的判断,阅片者 B 认为此病灶在 $T_2\text{WI}$ 上信号混杂, DCE 早期可见明显的多发结节状强化,虽然病灶在 ADC 图上呈明显低信号,但 PI-RADS v2 标准中认为对于移行带病灶应以 $T_2\text{WI}$ 上的评分为主,所以对此病灶的最终评分为 PI-RADS 2 分。另外 2 例癌灶为 Gleason 评分 3+3,病理体积分别为 0.50cm^3 和 0.54cm^3 , PI-RADS 评分分别为 3 分(阅片者 A)和 2 分(阅片者 B):阅片者 B 分析此 2 例病灶仅在 $T_2\text{WI}$ 上信号改变比较明显、且形态不规则、混杂分布在增生腺体中不易识别,但是在告知病理结果后,阅片者 B 表示对 PI-RADS v2 认识不足,需要进一步增加经验。综上所述,阅片者 B 单独漏诊的这 3 例移行带癌灶,在 ADC 图上均呈局限性低信号,信号改变比 $T_2\text{WI}$ 上更为明显,因此结合 ADC 图能更容易发现病灶。而实际临床工作中,影像科医师也需要综合病灶在所有序列上的表现进行判断,很难仅凭单一序列就做出诊断,因此多数学者仍认为 PI-RADS v2 目前并不完善,尚存在很多缺陷和不足。而针对这一方面,Andrew 等^[13]建议将 ADC 图和 DWI 评分的作用在评估移行带病灶中的作用加强,即对在 $T_2\text{WI}$ 上评分为 3 分且在 DWI 上评分为 4 分的移行带病灶,将其 PI-RADS 最终评分改为 4 分。

对于病理体积 $<0.5\text{cm}^3$ 且 Gleason 评分 $\geq 3+4$ 的癌灶, PI-RADS v2 仅可以发现 $36\% \sim 52\%$ ($9/25 \sim 13/25$) 的外周带癌,对移行带癌的检出率更低,仅为 9.1% ($1/11$)。本组 1 例患者同时存在外周带癌和移行带癌,外周带癌的 Gleason 评分 3+4、病理体积 0.47cm^3 ,阅片者 A 没有发现而阅片者 B 评分为 PI-RADS 4 分。虽然阅片者 A 只发现移行带癌灶,而阅片者 B 只发现外周带癌灶,两位阅片者发现的癌灶位置及 PIRADS 评分均不一致,但对患者本身来说采取的临床处理方式及最终的临床结局是一致的。虽然 PI-RADS v2 的临床目的是发现临床显著癌,包括癌灶病理体积 $<0.5\text{cm}^3$ 且 Gleason 评分 $\geq 3+4$ 的病灶,但目前 mpMRI 对前列腺癌的诊断仍具有一定局限性,检出前列腺癌的能力依赖于癌灶的体积^[14],所以认识到体积小的前列腺癌不能被 mpMRI 识别也是非常重要的。

本研究存在一定的局限性。首先由于只有根治术后行逐层病理切片的患者入组,导致纳入分析的癌灶数量有限且均为较早期病变。其次,由于阅片者已知

所有入组病例均行前列腺根治术,在 PI-RADS 评分时可能存在偏倚。最后,为了保证阅片状态与常规临床工作流程一致,设计了两位阅片者分别进行盲法阅片,没有在阅片前设计感兴趣区而是单独记录识别的病灶部位及评分,不能计算诊断特异性,也不能对所有感兴趣区的评分进行一致性评价。

参考文献:

- [1] 高歌,王成彦,赵凯,等.前列腺癌多参数 MRI 计算机辅助诊断系统的构建[J]. 肿瘤影像学,2016,25(2):117-122.
- [2] 王慧慧,李玮,王蕊,等.基于第二版前列腺影响报告和数据系统的前列腺多参数 MRI 技术要求[J]. 肿瘤影像学,2016,25(2):106-110.
- [3] 佟艳军,王霄英,李飞宇,等. MR 对前列腺癌的定性诊断价值分析[J]. 中国医学影像技术,2006,22(7):1061-1063.
- [4] 李拔森,王良,闵祥德,等.第二版前列腺影像报告和数据系统对前列腺癌的诊断价值[J]. 放射学实践,2016,31(12):1138-1142.
- [5] Weinreb JC, Barentsz JO, Choyke PL, et al. PI-RADS Prostate Imaging Reporting and Data System: 2015 Version 2[J]. Eur Urol, 2016,69(1):16-40.
- [6] Wang R, Wang H, Zhao C, et al. Evaluation of multiparametric magnetic resonance imaging in detection and prediction of prostate cancer[J/OL]. PLoS One, 2015,10(6):e0130207. DOI: 10.1371/journal.pone.0130207
- [7] Zhao C, Gao G, Fang D, et al. The efficiency of multiparametric magnetic resonance imaging (mpMRI) using PI-RADS Version 2 in the diagnosis of clinically significant prostate cancer[J]. Clin Imaging, 2016,40(5):885-888.
- [8] 刘汀,王霄英,郭雪梅,等. MRI 对前列腺癌诊断准确性的系统评估[J]. 中国医学影像技术,2011,27(7):1481-1484.
- [9] Kasel-Seibert M, Lehmann T, Aschenbach R, et al. Assessment of PI-RADS v2 for the detection of prostate cancer[J]. Eur J Radiol, 2016,85(4):726-731.
- [10] Baldisserotto M, Neto EJ, Carvalho G, et al. Validation of PI-RADS v2 for prostate cancer diagnosis with MRI at 3T using an external phased-array coil[J]. J Magn Reson Imaging, 2016,44(5):1354-1359.
- [11] Greer MD, Brown AM, Shih JH, et al. Accuracy and agreement of PIRADSv2 for prostate cancer mpMRI: a multireader study[J]. J Magn Reson Imaging, 2017,45(2):579-585.
- [12] Vargas HA, Hötter AM, Goldman DA, et al. Updated prostate imaging reporting and data system (PI-RADS v2) recommendations for the detection of clinically significant prostate cancer using multiparametric MRI: critical evaluation using whole-mount pathology as standard of reference[J]. Eur Radiol, 2016,26(6):1606-1612.
- [13] Rosenkrantz AB, Babb JS, Taneja SS, et al. Proposed adjustments to PI-RADS Version 2 decision rules: impact on prostate cancer detection[J]. Radiology, 2017,283(1):119-129.
- [14] Vargas HA, Akin O, Shukla-Dave A, et al. Performance characteristics of MR imaging in the evaluation of clinically low-risk prostate cancer: a prospective study[J]. Radiology, 2012,265(2):478-487.