

doi:10.3969/j.issn.1005-3697.2025.01.018

❖ 临床医学研究 ❖

MRI 弥散加权成像与动态增强扫描在前列腺癌诊断中的应用

颜显杰, 王海, 朱文淼

(广州中医药大学梅州医院·梅州市中医医院·梅州市田家炳医院·梅州市中医药科学院医学影像科, 广东 梅州 514000)

【摘要】目的: 探讨磁共振 (MRI) 弥散加权成像 (DWI) 与动态增强扫描 (DCE-MRI) 在前列腺癌 (PCA) 诊断中的应用。**方法:** 选取 105 例行 MRI 检查的疑似 PCA 患者为研究对象。患者均行 DWI、DCE-MRI 扫描检查, 以病理活检为金标准, *Kappa* 一致性检验分析 DWI、DCE-MRI 单独扫描检查及两者联合检查诊断 PCA 的准确度、敏感度及特异度。**结果:** DWI 检出 PCA 和前列腺良性病变分别 66 例、39 例, DWI 与病理活检诊断 PCA 的 *Kappa* = 0.918; DCE-MRI 检出 PCA 和前列腺良性病变分别 60 例、45 例, DCE-MRI 与病理活检诊断 PCA 的 *Kappa* = 0.761; DWI 诊断 PCA 的敏感度和准确度分别为 95.59%、96.19%, 高于 DCE-MRI 诊断 PCA 的敏感度和准确度 (85.29%、88.57%) ($\chi^2 = 4.168, 4.330, P = 0.041, 0.037$); DWI + DCE-MRI 与病理活检诊断 PCA 的 *Kappa* = 0.937, 且诊断 PCA 敏感度和准确度分别为 98.53%、97.14%。**结论:** DWI 较 DCE-MRI 诊断 PCA 准确度和敏感性更高, 两者联合诊断可在一定程度提高前列腺癌诊断效能。

【关键词】 磁共振弥散加权成像; 动态增强扫描; 前列腺癌; 诊断

【中图分类号】 737.2 **【文献标志码】** A

Application of MRI diffusion weighted imaging and dynamic contrast-enhanced MRI in diagnosing prostate cancer

YAN Xian-jie, WANG Hai, ZHU Wen-miao

(Department of Medical Imaging, Meizhou Hospital of Guangzhou University of Chinese Medicine · Meizhou Hospital of Traditional Chinese Medicine · Meizhou Tianjiabing Hospital · Meizhou Academy of Chinese Medical Sciences, Meizhou 514000, Guangdong, China)

【Abstract】Objective: To analyze the application of magnetic resonance imaging (MRI) diffusion weighted imaging (DWI) and dynamic contrast enhanced MRI (DCE-MRI) in the diagnosis of prostate cancer (PCA). **Methods:** 105 patients with suspected PCA were selected as the research subjects, and they underwent DWI and DCE-MRI scanning. With pathological biopsy as the gold standard, *Kappa* consistency test was used to analyze the accuracy, sensitivity and specificity of DWI, DCE-MRI alone and their combined examination in the diagnosis of PCA. **Results:** 66 cases of PCA and 39 cases of benign prostatic lesions were detected by DWI respectively. The *Kappa* value of DWI and pathological biopsy in diagnosing PCA was 0.918. DCE-MRI detected 60 cases of PCA and 45 cases of benign prostatic lesions, and the *Kappa* value of PCA diagnosed by DCE-MRI and pathological biopsy was 0.761. The sensitivity and accuracy of DWI for PCA diagnosis were 95.59% and 96.19%, which were higher than 85.29% and 88.57% of DCE-MRI ($\chi^2 = 4.168, 4.330, P = 0.041, 0.037$). The *Kappa* value of DWI + DCE-MRI and pathological biopsy for PCA diagnosis was 0.937, and the sensitivity and accuracy were 98.53% and 97.14%, respectively. **Conclusion:** DWI has higher accuracy and sensitivity in the diagnosis of PCA than DCE-MRI, and the combined diagnosis of the two can up-regulate the diagnostic efficiency of prostate cancer to a certain extent.

【Key words】 Magnetic resonance imaging diffusion weighted imaging; Dynamic contrast-enhanced MRI; Prostate cancer; Diagnosis

前列腺癌 (prostate cancer, PCA) 是一种起源于男性前列腺腺体的恶性肿瘤, 常发于老年男性, 随着疾病进展, 患者会出现排尿困难、尿频、尿急、血尿或精液中带血等症状^[1]。有关调查^[2-3]显示, 在全球范围内, PCA 为男性第二常见癌症, 也是第五大癌症死亡原因, 在北美和南美、欧洲、澳大利亚和加勒

比地区的发病率最高, 亚洲国家的发病率较低。我国 PCA 死亡率约为每 10 万人口 4.6 例, 但由于人口基数大, 占全球新发病例的 8.2% 和 PCA 致死病例的 13.6%, 表明我国对 PCA 的关注亟需加强。当前 PCA 筛查正逐渐被广泛普及, 对下调疾病死亡率具有重要意义。其中新技术应用成为精确诊断 PCA

基金项目: 广东省梅州市社会发展科技计划项目 (221115192052962)

作者简介: 颜显杰 (1979 -), 男, 副主任医师。E-mail: yxj441426@163.com

的研究热点,如磁共振(MRI)技术可利用强磁场和无线电波来生成前列腺内部结构详细图像,从而精确识别和诊断PCA^[4]。弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)是一种特殊MRI扫描成像,通过测量水分子的随机运动(即扩散)来生成图像,在肿瘤诊断中通常根据DWI图像上出现异常高信号,从而早期发现和定位肿瘤^[5-6];动态增强扫描(dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging, DCE-MRI)也属于MRI技术,通过注射对比剂后连续监测组织对对比剂的吸收和清除过程生成图像,在肿瘤诊断中依据对比剂快速吸收和较慢清除,在图像表现出的早期增强和持续高信号来评估正常和病变组织^[7-8]。DWI、DCE-MRI均可作为PCA早期诊断提供依据,但两者诊断准确性和敏感度仍存在争议。本研究旨在探讨DWI与DCE-MRI在PCA诊断中的应用

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2022年1月至2024年8月广州中医药大学梅州市中医医院105例行MRI检查的疑似PCA患者为研究对象,其中年龄(61.57 ± 3.45)岁;病程(5.43 ± 1.31)个月。本研究符合《赫尔辛基宣言》^[9]所规定的伦理标准,患者知情同意。纳入标准:(1)均表现出前列腺功能失调的多种症状;(2)均行DWI、DCE-MRI扫描检查,其中PCA均经病理活检确诊;(3)对本研究检查均耐受,且无相关禁忌症。排除标准:(1)患有严重慢性潜在疾病;(2)肝、肾等脏器功能异常重疾;(3)既往前列腺手术史;(4)认知障碍或伴有精神性疾病。

1.2 方法

1.2.1 DWI检查 采用西门子MAGNETOM skyra 3.0T MRI系统(德国)进行扫描。患者检查前1天应吃低纤维食物,检查前排空膀胱,体位调整使前列腺和耻骨联合对准线圈中心,固定腹侧线圈,扫描整个前列腺和精囊。定采用单次平面回波序列进行横轴位扫描以获取定位图像,扩散加权成像的b值设定为 $1\ 400\ \text{s}/\text{mm}^2$,快速回波重复、恢复时间分别为 $6\ 000\ \text{ms}$ 、 $62\ \text{ms}$ 、层厚、视场、矩阵分别 $4\ \text{mm}$ 、 $22\ \text{cm} \times 22\ \text{cm}$ 、 114×114 ,间隔 $0.8\ \text{mm}$ 扫描。

1.2.2 DCE-MRI检查 常规扫描后,以 $2\ \text{mL}/\text{s}$ 流率分别高压注射 $0.2\ \text{mmol}/\text{kg}$ 钆喷酸葡甲胺盐及 $20\ \text{mL}$ 的 0.9% 氯化钠溶液,扫描范围覆盖前列腺和精囊,总体开展14期扫描,包括平扫蒙片检查。选取LAVA序列行轴、冠状及矢状位扫描,参数位:重复时间、视场、恢复时间分别 $3.23\ \text{ms}$ 、 $26.5\ \text{cm} \times 26.5\ \text{cm}$ 、

$1.22\ \text{ms}$,无间距,层厚、翻转角分别 $1.5\ \text{mm}$ 、 9° 。

1.2.3 图像分析 由两名放射科医师盲法阅片分析,包括高年资医师复核,部分病例为回顾性分析。观察并分析前列腺增生组织和疑似癌巢区域的DWI/ADC图像信号差异,以癌巢区域DWI高信号、ADC低信号为标准判定阴阳性。选取疑似癌巢区域和对照区域观察动态增强扫描图像信号变化情况,以癌巢区域“早进早退”普识为标准判定阴阳性,配合PI-RADS评分做出诊断。

1.2.4 结果判定 DWI、DCE-MRI任何一个检查筛查结果为PCA,则被诊断为阳性;当DWI和DCE-MRI均为前列腺良性病变,则判断为阴性。判定结果均与病理活检进行对照。见图1-图3。

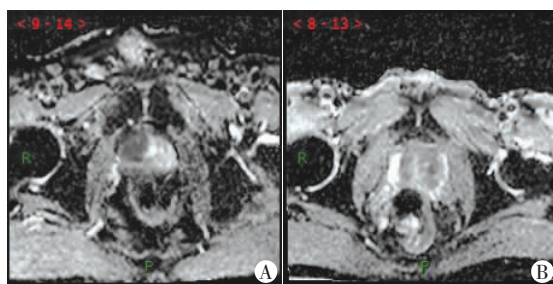


图1 DWI检查结果
A. 前列腺恶病变; B. 前列腺良病变。

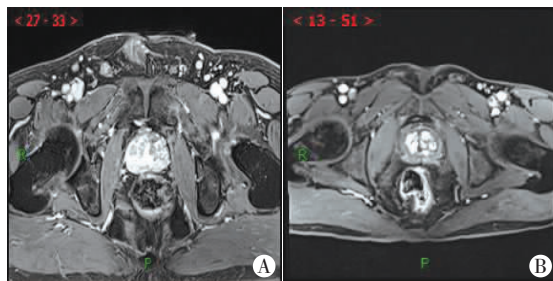


图2 DCE-MRI检查结果
A. 前列腺恶病变; B. 前列腺良病变。

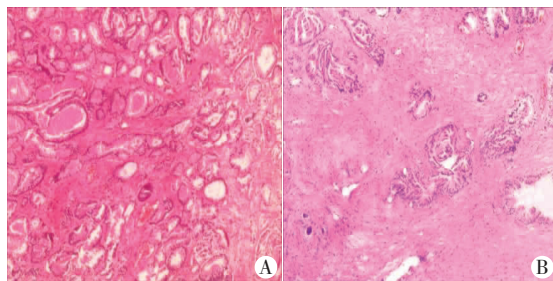


图3 病理活检结果($\times 100$)
A. 前列腺恶病变; B. 前列腺良病变。

1.3 观察指标

(1)DWI与病理活检诊断PCA的一致性。(2)DCE-MRI与病理活检诊断PCA的一致性。(3)DWI + DCE-MRI与病理活检诊断PCA的一致性。(4)不同MRI成像诊断PCA的敏感度、特异度、准确度、阳性预测值、阴性预测值。

1.4 统计学分析

采用 SPSS26.0 软件对数据进行分析。计数资料以 $[n(\%)]$ 表示,组间比较行独立样本 χ^2 检验;一致性分析行 $Kappa$ 一致性检验,其中 $Kappa \geq 0.75$ 、 $0.4 \leq Kappa < 0.75$ 、 $Kappa < 0.4$ 分别表示一致性较好、一般、较差。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 DWI 与病理活检诊断 PCA 的一致性

105 例患者中,病理活检检查 PCA 68 例,前列腺腺良性病变 37 例;DWI 检出 PCA 66 例,前列腺腺良性病变 39 例。DWI 与病理活检诊断 PCA 的 $Kappa = 0.918$ 。见表 1。

表 1 DWI 与病理活检诊断 PCA 的一致性(例)

DWI	病理活检		合计
	+	-	
+	65	1	66
-	3	36	39
合计	68	37	105

2.2 DCE-MRI 与病理活检诊断 PCA 的一致性

105 例患者中,DCE-MRI 检出 PCA 60 例;前列腺腺良性病变 45 例。DCE-MRI 与病理活检诊断 PCA 的 $Kappa = 0.761$ 。见表 2。

表 2 DCE-MRI 与病理活检诊断 PCA 的一致性(例)

DCE-MRI	病理活检		合计
	+	-	
+	58	2	60
-	10	35	45
合计	68	37	105

2.3 DWI + DCE-MRI 与病理活检诊断 PCA 的一致性

105 例患者中,DWI + DCE-MRI 检出 PCA 67 例,前列腺腺良性病变 38 例。DWI + DCE-MRI 与病理活检诊断 PCA 的 $Kappa = 0.937$ 。见表 3。

表 3 DWI + DCE - MRI 与病理活检诊断 PCA 的一致性(例)

DWI + DCE - MRI	病理活检		合计
	+	-	
+	67	2	69
-	1	35	36
合计	68	37	105

2.4 不同 MRI 成像诊断 PCA 的效能

DWI 诊断 PCA 的敏感度和准确度高于 DCE-MRI 诊断 ($\chi^2 = 4.168$ 、 4.330 , $P = 0.041$ 、 0.037); DWI + DCE-MRI 诊断 PCA 的敏感度和准确度更高。见表 4。

表 4 不同 MRI 成像诊断 PCA 的效能(%)

检查方法	敏感度	特异度	准确度	阳性预测值	阴性预测值
DWI	95.59	97.03	96.19	98.48	92.31
DCE-MRI	85.29	94.59	88.57	96.67	77.78
DWI + DCE-MRI	98.53	94.59	97.14	97.10	97.22

3 讨论

随着我国人口老龄化,PCA 发病率和死亡率逐年上升,成为仅次于肺癌的男性常见恶性肿瘤。PCA 早期症状不明显,多在体检或良性前列腺增生手术中发现,且进展后严重影响患者生活质量和生命健康^[10]。因此,尽早精确诊断,对改善预后至关重要。传统 PCA 诊断手段(如前列腺特异度抗原检测、直肠超声和 CT)虽在临床上被广泛应用,但存在较高误诊和漏诊风险,可能导致最佳治疗时机延误^[11]。穿刺活检为金标准,但为有创检查,可能会给病人带来一定痛苦,难以让病人接受和配合。MRI 技术近年广泛应用于临床,在前列腺疾病诊断中,因其清晰的病变形态及组织图像显示,成为重要诊断工具之一^[12],如 Eklund 等^[13]筛查试验中,MRI 检出 PCA 不劣于标准活检,并且可下调临床上无意义癌症检出率。

本研究结果显示,DWI 与病理活检诊断 PCA 的 $Kappa = 0.918$,DCE-MRI 与病理活检诊断 PCA 的 $Kappa = 0.761$;DWI 诊断 PCA 的敏感度和准确度高于 DCE-MRI 诊断 ($\chi^2 = 4.168$ 、 4.330 , $P = 0.041$ 、 0.037),提示 DCE-MRI、DWI 均具备良好诊断 PCA 效能,但相较于 DCE-MRI,DWI 诊断准确率和敏感度更佳。究其原因可能为:DWI 技术能直接探测组织内水分子微观扩散运动。前列腺腺良性增生体积增大但细胞数量不变,DWI 显示等低混杂信号。在 PCA 病灶组织中,由于肿瘤细胞异常增殖和细胞外基质改变,水分子扩散受限,并在 DWI 图像上表现为高信号,从而使癌变区域与正常组织形成鲜明对比,这一特性对早期肿瘤检测尤为敏感,且不受血流动力学变化影响^[14-15]。DCE-MRI 成像效果则受肿瘤血管形成情况和血流灌注情况影响,不同肿瘤阶段成像可能存在较大变异,从而影响 DCE-MRI 的早期诊断性能^[16-17]。同时,DWI 成像过程不涉及对比剂使用,减少了患者对对比剂潜在过敏反应和肾功能损害风险,检查过程易于操作,且患者配合度高,使检测结果更优^[18]。总之,DWI 通过其对组织微观结构直接成像,提供了更为一致和可靠的诊断信息,在 PCA 早期诊断中优势尤为明显。本研究还显示,DWI + DCE-MRI 与病理活检诊断 PCA 的 $Kappa = 0.937$,且诊断 PCA 敏感度和准确度分别为

98.53%、97.14%。当 DWI 与 DCE-MRI 联合使用时,诊断 PCA 的 $Kappa$ 值、敏感度、准确度均有所提升,提示这种多模态成像策略可能具备互补技术优势,能够提高诊断效能。张招雄^[19] 研究也显示, DCE-MRI 联合 DWI 诊断 PCA 的敏感度为 97.06%, 较单一检查结果更优,并认为两者联合诊断能精确评估癌灶侵袭性,可为制定治疗策略和评估患者预后提供关键影像学支持。

综上, DWI 在诊断 PCA 方面表现出较高的敏感度和准确度,且与 DCE-MRI 相比,诊断效果更优。当 DWI 与 DCE-MRI 联合使用时,诊断 PCA 的敏感度、准确度均有所提升,可将联合诊断推广应用于 PCA 临床筛查。

参考文献

[1] Bergengren O, Pekala KR, Matsoukas K, et al. 2022 update on prostate cancer epidemiology and risk factors—a systematic review [J]. *European Urology*, 2023, 84(2): 191–206.

[2] Zhu Y, Mo M, Wei Y, et al. Epidemiology and genomics of prostate cancer in Asian men [J]. *Nature Reviews Urology*, 2021, 18(5): 282–301.

[3] Porcacchia AS, Camara DAD, Andersen ML, et al. Sleep disorders and prostate cancer prognosis: biology, epidemiology, and association with cancer development risk [J]. *European Journal of Cancer Prevention*, 2022, 31(2): 178–189.

[4] Vieira GM, Gellen LPA, da Veiga Borges Leal DF, et al. Correlation between genomic variants and worldwide epidemiology of prostate cancer [J]. *Genes*, 2022, 13(6): 1039.

[5] Stonier T, Tin AL, Sjoberg DD, et al. Selecting patients with favorable risk, grade group 2 prostate cancer for active surveillance—does magnetic resonance imaging have a role? [J]. *The Journal of Urology*, 2021, 205(4): 1063–1068.

[6] Wang S, Kozarek J, Russell R, et al. Diagnostic performance of prostate-specific antigen density for detecting clinically significant prostate cancer in the era of magnetic resonance imaging: a systematic review and meta-analysis [J]. *European Urology Oncology*, 2024, 7(2): 189–203.

[7] Vis AN, Meijer D, Roberts MJ, et al. Development and external validation of a novel nomogram to predict the probability of pelvic lymph-node metastases in prostate cancer patients using magnetic resonance imaging and molecular imaging with prostate-specific

membrane antigen positron emission tomography [J]. *European Urology Oncology*, 2023, 6(6): 553–563.

[8] Haack M, Miksch V, Tian Z, et al. Negative multiparametric magnetic resonance imaging for prostate cancer: further outcome and consequences [J]. *World Journal of Urology*, 2022, 40(12): 2947–2954.

[9] 吴文瑶, 张谨, 郑华, 等. 世界医学协会《赫尔辛基宣言》: 涉及人类受试者的医学研究伦理原则 [J]. *中华疼痛学杂志*, 2020, 16(2): 92–95.

[10] Carlsson SV, Vickers AJ. Screening for prostate cancer [J]. *Medical Clinics of North America*, 2020, 104(6): 1051–1062.

[11] Suarez-Ibarrola R, Sigle A, Eklund M, et al. Artificial intelligence in magnetic resonance imaging-based prostate cancer diagnosis: where do we stand in 2021 [J]. *European Urology Focus*, 2022, 8(2): 409–417.

[12] Bitton RR, Shao W, Chodakeiwitz Y, et al. Intraprocedural diffusion-weighted imaging for predicting ablation zone during MRI-guided focused ultrasound of prostate cancer [J]. *Radiology Imaging Cancer*, 2024, 6(5): e240009.

[13] Eklund M, Jäderling F, Discacciati A, et al. MRI-targeted or standard biopsy in prostate cancer screening [J]. *New England Journal of Medicine*, 2021, 385(10): 908–920.

[14] Hao S, Karlsson A, Heintz E, et al. Cost-effectiveness of magnetic resonance imaging in prostate cancer screening: a microsimulation study [J]. *Value in Health*, 2021, 24(12): 1763–1772.

[15] 黄明霞, 李梦龙, 李云启. 磁共振成像检查弥散加权成像的表观弥散系数值对鉴别诊断前列腺癌结节及良性增生结节的效果研究 [J]. *世界复合医学*, 2023, 9(3): 18–21.

[16] 程茂军, 蒋会东, 李军, 等. 弥散加权成像在前列腺癌诊断与鉴别诊断中的应用价值 [J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2021, 19(1): 147–148, 151.

[17] Zabihzadeh M, Fatahi Asl J, Farzanegan Z, et al. Accuracy of magnetic resonance spectroscopy techniques in prostate cancer and prostatitis [J]. *Archives of Iranian Medicine*, 2020, 23(2): 104–112.

[18] 黄继伟, 李健斐, 王佳, 等. 3.0T MRI 多 b 值 DWI 与动态增强扫描对前列腺癌术前诊断价值 [J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2021, 19(10): 147–148, 166.

[19] 张招雄. DCE-MRI 联合弥散加权成像在前列腺癌诊断及侵袭性评估中的应用 [J]. *现代医用影像学*, 2023, 32(12): 2305–2308.

(收稿日期: 2024-08-15

修回日期: 2024-09-21)