

论 著

前列腺癌患者DCE-MRI、DWI影像表现及与PSA的关系*

陶忆杰* 赵晓平 孙仁祥

昆山市第五人民医院放射科

(江苏 昆山 215300)

【摘要】目的 探究前列腺癌患者(PCa)磁共振动态增强扫描(DCE-MRI)、磁共振弥散加权成像(DWI)影像表现及与前列腺特异性抗原(PSA)的关系。**方法** 将2020年10月至2023年6月本院收治的78例疑似PCa患者,根据手术病理活检结果分为两组:45例为前列腺增生患者,33例为PCa患者,两组患者皆进行DCE-MRI和DWI序列检查。通过检查结果,对比两组患者动态的增强扫描参数以及两组患者总前列腺特异性抗原(tPSA)和游离前列腺特异性抗原(fPSA)水平。**结果** DCE-MRI图像显示PCa患者的病灶在T₂WI上可见,增强扫描早期部分有强化。DWI图像显示稍高信号,并且ADC值较小。动态增强曲线呈现流出型。此外,在左侧移行带和两侧外周带上观察到大片T₂-FLAIR低信号,边界不清。DWI图像结果呈现出受限的弥散性,ADC结果显示信号减低;PCa组患者K^{trans}值、K_{ep}值和V_e值高于前列腺增生组,ADC值低于前列腺增生组(P<0.05);PCa组患者tPSA水平、fPSA水平高于前列腺增生组, fPSA/tPSA比值低于前列腺增生组(P<0.05);K^{trans}值、K_{ep}值、V_e值与fPSA/tPSA比值呈负相关(r=-0.551、-0.566、-0.573, P<0.05),ADC值与fPSA/tPSA比值呈正相关(r=0.575, P<0.05)。**结论** 前列腺增生与恶性肿瘤的磁共振影像学存在特征差异,影像学参数与肿瘤患者PSA密切相关,通过DCE-MRI与DWI检查可准确辅助诊断PCa。

【关键词】 前列腺癌; 磁共振动态增强扫描; 磁共振弥散加权成像; 前列腺特异性抗原

【中图分类号】 R737.25; R445.2

【文献标识码】 A

【基金项目】 昆山市社科应用研究课题(2023SKL320)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.06.040

Imaging Findings of DCE-MRI and DWI in Patients with Prostate Cancer and Their Relationship with PSA*

TAO Yi-jie*, ZHAO Xiao-ping, SUN Ren-xiang.

Department of Radiology, Kunshan Fifth People's Hospital, Kunshan 215300, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the imaging findings of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI) and diffusion-weighted imaging (DWI) and their relationship with prostate-specific antigen (PSA) in patients with prostate cancer (PCa). **Methods** 78 patients with suspected PCa admitted to our hospital from October 2020 to June 2023 were examined by DCE-MRI and DWI, and were divided into two groups according to pathological biopsy results, including 45 cases with prostatic hyperplasia and 33 cases with PCa. The diagnostic results of DCE-MRI and DWI sequences were analyzed, and the dynamic enhanced scan parameters and the total prostate-specific antigen (tPSA) and free prostate-specific antigen (fPSA) levels were compared between the two groups. **Results** DCE-MRI images showed that the lesions of PCa patients were visible on T₂WI, and the early part of enhanced scan was enhanced. DWI images showed slightly higher signals and had a smaller ADC. Dynamic enhancement curve presented an outflow pattern. In addition, a large area of T₂-FLAIR low signal was observed in the left transition zone and both sides of the peripheral zone, and the boundary was unclear. DWI images show limited diffusion and low ADC signals. K^{trans}, K_{ep} and V_e in PCa group were higher than those in prostatic hyperplasia group while ADC was lower than that in prostatic hyperplasia group (P<0.05). The tPSA and fPSA in PCa group were higher while the fPSA/tPSA ratio was lower than that in prostatic hyperplasia group (P<0.05). K^{trans}, K_{ep} and V_e were negatively correlated with fPSA/tPSA ratio (r=-0.551, -0.566, -0.573, P<0.05), and ADC was positively correlated with fPSA/tPSA ratio (r=0.575, P<0.05). **Conclusion** There are differences in magnetic resonance imaging characteristics between prostatic hyperplasia and malignant tumors. Imaging parameters are closely related to PSA in tumor patients. DCE-MRI and DWI can accurately assist the diagnosis of PCa.

Keywords: Prostate Cancer; Dynamic Contrast-enhanced Magnetic Resonance Imaging; Diffusion-weighted Imaging; Prostate-specific Antigen

前列腺癌(PCa)在男性好发的恶性肿瘤中较为常见,通常发生于中老年人,据统计,2020年中国PCa发病率约15.6/10万人,新发病例超11万人,死亡人数超5万人^[1]。PCa的临床诊断手段包括直肠指检、前列腺特异性抗原检测、影像学检查和穿刺活检等^[2],其中,直肠指检操作简便,但其评估局部浸润性肿瘤的假阴性率较高;前列腺特异性抗原检测难以鉴别PCa与前列腺增生,可能造成较高的假阳性率;穿刺活检具有较高准确性,但其敏感性低,具有创伤性且尖叶病变患者穿刺难度较大^[3]。目前,临床上常用磁共振作为检查手段,其具有无创性、软组织分辨率高等特点,并能进行多方位层面扫描^[4]。随着影像学技术的开发,磁共振动态增强扫描(DCE-MRI)和磁共振弥散加权成像(DWI)等逐渐用于PCa临床诊断中^[5]。相较于常规磁共振成像,DCE-MRI技术能够通过强化病变区域的回声对比度,来清晰的反映病变区域内渗透性、微循环灌注情况、血管容量以及细胞外间隙状况;同时,DWI技术中的表观弥散系数(ADC)参数能够有效地反映前列腺细胞组织中微血管和细胞间隙内外水分子的扩散状况,这与腺体细胞的增殖以及分化过程有着密切的联系^[6-7]。据此,本研究拟通过DCE-MRI和DWI影响表现观测PCa患者的病情严重程度和前列腺特异性抗原(PSA)的关系。

1 资料与方法

1.1 一般资料 将2020年10月至2023年6月本院收治的78例疑似PCa患者纳入研究,其中年龄51~86岁,平均(68.31±8.62)岁。

纳入标准:通过手术方式确诊为PCa^[8];确保病理活检诊断和影像学检查之间的间隔不超过3个月;依从性良好者。排除标准:在检查之前已经接受穿刺等非手术治疗者;全身存在其他恶性肿瘤者;对本次实验中造影剂过敏者;经影像学检查无法明显确认病灶或肿瘤直径小于5mm者;病例资料缺失。本研究经医学伦理批准,患者及其家属均知情同意。

1.2 MRI检查 患者使用联影uMR1.5T设备进行检查,在对患者进行扫描前列腺和精囊腺时,患者需要采取仰卧位,并使用腹部相控线圈进行扫描,检查MRI序列包括T₁WI、T₂WI、DWI以及DCE-MRI。其中,T₁WI使用快速自旋回波(FSE)序列进行常规轴扫描,扫描参数:重复时间(TR)460 ms、回波时间(TE)10 ms、矩阵240×180、视野范围(FOV)270×270 mm、层厚4.5 mm、层间距5.0 mm。T₂WI使用快速自旋回波序列获进行扫描,并设定轴位为矢状位、冠状位,扫描参数:TR 4400 ms、TE 130 ms、矩阵330×260、FOV270×270 mm/230×230 mm、层厚5.0 mm、层间距5.0 mm。DCE-

【第一作者】陶忆杰,男,主治医师,主要研究方向:影像相关。E-mail: 18013208987@163.com

【通讯作者】陶忆杰

MRI使用超快速多期动态序列T₁WI获取轴位，扫描参数：TR 5.21 ms、TE 2.5 ms、矩阵360×160、FOV 360×260mm、层厚3.5 mm、层间距4.5 mm，采用造影剂钆特酸葡胺0.25 mmol/kg，保持注射速率为30 mL/s，通过肘静脉注入造影剂，同时以相同流动速率注射15mL的生理盐水，当开始扫描的同时注入造影剂，一共进行5期的采集，整个过程持续180秒。当使用DWI进行扫描时，采用单次激发平面回波成像序列，其扫描参数设置为：b值1000 s/mm、TR 2900 ms、TE 96 ms、矩阵140×140、FOV 380×260 mm、层厚4.5 mm、层间距5.0 mm。

1.3 图像处理 图像传输至影像处理工作站后，经由两名影像学专家使用双盲法对成像进行阅片和图像处理。其中DCE-MRI作为感兴趣区(ROI)的部位则是选择病变的最大层面。通过药代动力学模型来计算几个关键的血管渗透性参数，这些参数包括容量转移常数(K^{trans})、速率常数(K_{ep})以及细胞间隙的容积分数(V_e)。同时，获取DWI图像的表观弥散系数(ADC)。

1.4 血清PSA检测 在患者空腹状态下，从其肘静脉处采血5 mL，采血完成后，用离心机将血液样本进行离心处理，其参数设置为：速度：3000 r/min，时间：10 min。在离心处理完成后，收集血液样本中的上层清液，将其保存在-80℃环境中用于后续备检。通过全自动发光免疫分析仪(安图，型号：A2000)以及与之配套的原装试剂盒对收集来的血液样本进行检测，对于患者体内的总前列腺特异性抗原(tPSA)、和游离前列腺特异性抗原(fPSA)水平进行检测将通过化学发光法进行检测，获得最终的检测数据结果时，则可计算fPSA/tPSA双项比值。

1.5 统计学方法 采用SPSS 21.0处理数据，计数资料计量资料满

足正态分布，用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表达，两组间行t检验；采用Pearson分析磁共振参数与tPSA/fPSA的相关性，P<0.05为存在差异。

2 结果

2.1 病理检验结果 本实验78例患者经病理检查证实，恶性病变例数及占比为(33例，42%)为恶性病变，且均为PCa，Gleason评分^[9]7~9分，PI-RADS评分^[10]4~5分；前列腺良性增生例数及占比为(45例，58%)。

2.2 前列腺良恶性病变的定性评价 通过MRI图像来观察PCa患者的病变情况，T₂WI结果显示可见病灶，而DWI结果显示出现稍高信号，并且ADC的数值较小，并体现出动态增强曲线呈流出型，左侧移行带及两侧外周带见大片T₂-FLAIR低信号，边界不清，DWI示弥散受限，ADC呈低信号，增强扫描早期部分强化。见图1-5。

2.3 两组患者的K^{trans}值、K_{ep}值、V_e、ADC值比较 PCa组的K^{trans}值、K_{ep}值和V_e值高于前列腺增生组(P<0.05)，PCa组的ADC值低于前列腺增生组(P<0.05)。详见表1。

2.4 两组患者的tPSA水平、fPSA水平和fPSA/tPSA比值比较 PCa组的tPSA水平、fPSA水平高于前列腺增生组(P<0.05)，PCa组的fPSA/tPSA比值低于前列腺增生组(P<0.05)。

2.5 两组患者的K^{trans}值、K_{ep}值和ADC值与fPSA/tPSA比值相关性 K^{trans}值、K_{ep}值、V_e值与fPSA/tPSA比值呈负相关(r=-0.551、-0.566、-0.573，P<0.05)，ADC值与fPSA/tPSA比值呈正相关(r=0.575，P<0.05)。见图6-9。

表1 两组患者的K^{trans}值、K_{ep}值、V_e、ADC值比较

组别	例数	K ^{trans} 值(min ⁻¹)	K _{ep} 值(min ⁻¹)	V _e	ADC(×10 ⁻³ min ² /s)
前列腺增生组	45	0.22±0.04	1.38±0.52	0.19±0.06	2.10±0.31
PCa组	33	0.59±0.15	2.66±0.94	0.27±0.07	1.04±0.30
t值		14.884	8.838	5.418	15.344
P值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表2 两组患者的tPSA水平、fPSA水平和fPSA/tPSA比值比较

组别	例数	tPSA(ng/mL)	fPSA(ng/mL)	fPSA/tPSA
前列腺增生组	45	31.81±8.31	8.51±2.32	0.27±0.14
PCa组	33	58.44±17.36	9.78±3.01	0.16±0.04
t值		8.628	2.105	4.378
P值		<0.001	0.039	<0.001

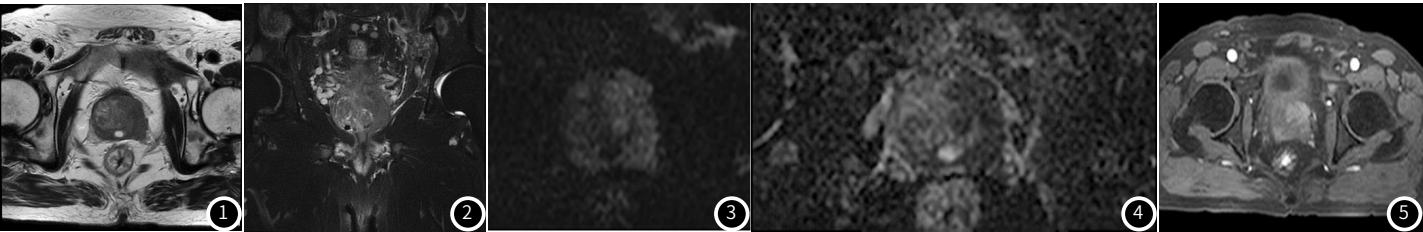


图1-图2示T₂WI上中央带及外周带左侧分界不清，中央腺体信号欠均匀，见多发结节状、片状等低信号及小圆形高信号，左侧移行带及两侧外周带见大片，T₂-FLAIR低信号，边界不清。
图3 DWI示病灶弥散受限。图4 ADC呈低信号。图5 增强扫描早期部分强化。

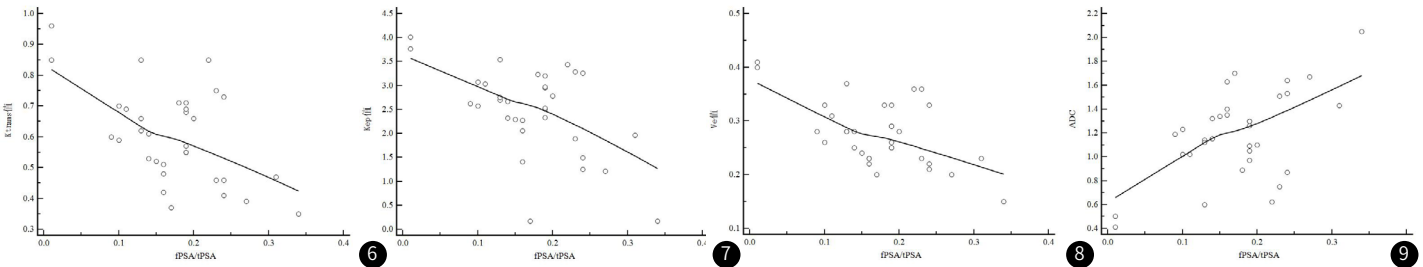


图6 K^{trans}与fPSA/tPSA相关散点图。图7 K_{ep}与fPSA/tPSA相关散点图。
图8 V_e与fPSA/tPSA相关散点图。图9 ADC与fPSA/tPSA相关散点图。

3 结 论

伴随着人民生活质量水平的提高同时人均寿命的延长,以及中国经济水平的显著提高,PCa在中国的发病率逐渐升高,其已然成为威胁中国老年男性健康的一个重要因素,而PCa的早期症状不明显,常常被忽视,当出现尿频、尿急、以及排尿困难等症状时,往往已经进入中晚期^[11]。因此,早期的诊断与治疗是提高PCa治愈率和生存率的关键所在^[12]。

DCE-MRI检查技术是将注射顺磁性对比剂,使其进入病灶及周边组织内,然后通过血管壁、细胞壁进行扩散转移,从而在图像上呈现不同时间-信号强度曲线,以此诊断恶性肿瘤^[13]。DWI则通过对肿瘤血管的高信号进行图像ADC值分析,PCa诊断通过细胞内的炎性浸润情况以及肿瘤细胞或是否存在周围组织水肿的情况来体现,这对于诊断有决定性作用^[14]。本研究中,PCa患者MRI图像显示,T₂WI结果显示可见病灶,而DWI结果显示出现稍高信号,并且ADC的数值较小,并体现出动态增强曲线呈流出型,左侧移行带及两侧外周带见大片T₂-FLAIR低信号,边界不清,DWI示弥散受限,ADC呈低信号,增强扫描早期部分强化,与Militello等^[15]研究结论类似,原因可能与PCa患者肿瘤病灶内大量增生的微血管有关。本研究影像学参数结果显示,PCa组的K^{trans}值、K_{ep}值和V_e值高于前列腺增生组(P<0.05)。K^{trans}和K_{ep}值均可以反映肿瘤血管通透性和灌注情况,V_e值反映整体血管外细胞外间隙容积中造影剂从血管内转运到血管外间隙的容积的占比情况^[16]。PCa患者的K^{trans}值、K_{ep}值和V_e值升高可能是由于肿瘤血管通透性增加、血管灌注增加等原因所致^[17]。DWI成像ADC值可准确反映水分子扩散运动能力,而细胞密度大、细胞内结构改变等均可使局部水分子扩散运动受限,因此,ADC值变化可提示病灶组织结构及细胞间隙的改变^[18]。本研究结果显示,PCa组患者ADC值低于前列腺增生组(P<0.05)。其原因可能是由于PCa细胞的细胞膜通透性降低,细胞间隙变窄,细胞核增大,核浆比增大等因素导致^[19]。此外,在PCa组织中,里面的水分子扩散情况受到一定程度的限制,ADC值降低^[20]。

总前列腺特异性抗原(tPSA)是一种由前列腺细胞分泌的蛋白质,它可以通过血液检测来检测PCa^[21]。游离前列腺特异性抗原(fPSA)是一种未与其他蛋白质结合的tPSA,它在血液中的含量较低,tPSA和fPSA的比值是临床用于评估PCa风险的血清学指标^[22]。经研究结果显示,PCa组的tPSA水平、fPSA水平高于前列腺增生组(P<0.05),PCa组的fPSA/tPSA比值低于前列腺增生组(P<0.05)。tPSA和fPSA水平升高的原因可能是由于PCa细胞分泌PSA的能力增强,导致血清中tPSA和fPSA水平升高。本研究通过相关性分析发现,K^{trans}值、K_{ep}值、V_e值与fPSA/tPSA比值呈负相关(r=-0.551、-0.566、-0.573,P<0.05),ADC值与fPSA/tPSA比值呈正相关(r=0.575,P<0.05)。研究指出,fPSA/tPSA比值与前列腺肿瘤恶性程度密切相关,当肿瘤细胞增多时,其将产生更多的tPSA,导致fPSA/tPSA比值降低,而PCa细胞的生长和扩散需要血液供应,因此,随着肿瘤细胞组织内外的通透性增加并且有血管生成时,K^{trans}和K_{ep}值会增加^[23]。另外,随着肿瘤恶性程度的增高,PCa细胞的持续增生和堆积会导致细胞密度的增加,限制水分子的自由扩散,且较高的细胞密度意味着更多的癌细胞聚集在一起,使得水分子的扩散受到限制,从而降低了ADC值^[24]。因此,DCE-MRI、DWI影像学相关参数变化能够反映PCa患者肿瘤恶性程度,进行MRI检查可能有助于临床对患者肿瘤进展进行评估。

综上所述,前列腺增生与恶性肿瘤的磁共振影像学存在特征差异,PCa患者DCE-DWI检查参数K^{trans}值、K_{ep}值和V_e值与病理严重程度呈负相关,DWI成像ADC值与病理严重程度呈正相关,4个参数值可辅助临床对PCa及其恶化情况进行诊断。

参考文献

- [1] Lombardo R, De Nunzio C. Nomograms in PCa: where do we stand [J]. Prostate Cancer Prostatic Dis, 2023.
- [2] Meyer H J, Martin M, Denecke T. DWI of the breast - possibilities and limitations [J]. Rofo, 2022, 194 (9): 966-974.
- [3] 陆殿元, 沈理, 蔡建荣, 等. 超声造影时间-强度曲线诊断前列腺癌 [J]. 中国医学影像技术, 2015, 31 (8): 1255-1258.
- [4] Gomez-Pedrero J A, Estrada J C, Alonso J, et al. Incremental PCA algorithm for fringe pattern demodulation [J]. Opt Express, 2022, 30 (8): 12278-12293.
- [5] Rootman M S, Kornreich L, Osherov A N, et al. DWI hyperintensity in the fornix fimbria on MRI in children [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2022, 43 (3): 480-485.
- [6] Bilal M, Javaid A, Amjad F, et al. An overview of prostate cancer (PCa) diagnosis: potential role of miRNAs [J]. Transl Oncol, 2022, 26: 101542.
- [7] Yuan J, Hu Y, Menini A, et al. Near-silent distortionless DWI using magnetization-prepared RUFIS [J]. Magn Reson Med, 2020, 84 (1): 170-181.
- [8] Jerop B, Seger D R. An efficient PCA-GA-HKSVM-based disease diagnostic assistant [J]. Biomed Res Int, 2021, 2021: 4784057.
- [9] Abrolat M, Eberhart L, Kalmus G, et al. [Patient-controlled Analgesia (PCA): an overview about methods, handling and new modalities] [J]. Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther, 2018, 53 (4): 270-280.
- [10] Srivastava S, Ghosh S, Kagan J, et al. The PreCancer atlas (PCA) [J]. Trends Cancer, 2018, 4 (8): 513-514.
- [11] Warmenhoven J, Bargary N, Liebl D, et al. PCA of waveforms and functional PCA: a primer for biomechanics [J]. J Biomech, 2021, 116: 110106.
- [12] Ben S K, Ben A A. Principal component analysis (PCA) [J]. Tunis Med, 2021, 99 (4): 383-389.
- [13] 谢艳琴. 多b值弥散加权成像 (DWI) 联合磁共振动态增强扫描 (DCE-MRI) 在PCa术前分期中的诊断价值 [J]. 甘肃医药, 2023, 42 (5): 420-422.
- [14] 王松, 夏金翔. 超高b值DWI-IVIM联合DCE-MRI对前列腺癌的诊断价值 [J]. 中国医药导报, 2021, 18 (28): 156-159.
- [15] Militello C, Rundo L, Dimarco M, et al. 3D DCE-MRI radiomic analysis for malignant lesion prediction in breast cancer patients [J]. Acad Radiol, 2022, 29 (6): 830-840.
- [16] 王艾博, 边杰. DCE-MRI原理及临床应用情况 [J]. 中国临床医学影像杂志, 2016, 27 (6): 435-438.
- [17] 满涛, 李金永, 杨金成, 等. 前列腺液中炎性因子与PSA关系及其在前列腺癌诊断中的价值研究 [J]. 宁夏医学杂志, 2021, 43 (1): 80-82.
- [18] 陈爽, 陈子健, 钟建锋, 等. 动态对比增强磁共振联合PSA诊断前列腺癌价值探讨 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20 (1): 142-145.
- [19] Nawy T. Contrasting PCA across datasets [J]. Nat Methods, 2018, 15 (8): 572.
- [20] Wirz S, Seidensticker S, Shtrichman R. Patient-controlled analgesia (PCA): intravenous administration (IV-PCA) versus oral administration (Oral-PCA) by using a novel device (PCoA(R) Acute) for hospitalized patients with acute postoperative pain—a comparative retrospective study [J]. Pain Res Manag, 2021, 2021: 2542010.
- [21] Elden L, Trendafilov N. Semi-sparse PCA [J]. Psychometrika, 2019, 84 (1): 164-185.
- [22] Barry R J, De Blasio F M. EEG frequency PCA in EEG-ERP dynamics [J]. Psychophysiology, 2018, 55 (5): e13042.
- [23] Xia X, Wen L, Zhou F, et al. Predictive value of DCE-MRI and IVIM-DWI in osteosarcoma patients with neoadjuvant chemotherapy [J]. Front Oncol, 2022, 12: 967450.
- [24] Farneti A, Bottero M, Faiella A, et al. The prognostic value of DCE-MRI findings before salvage radiotherapy after radical prostatectomy [J]. Cancers (Basel), 2023, 15 (4).

(收稿日期: 2023-08-10)

(校对编辑: 姚丽娜)