

## ·临床研究·

磁共振动态增强扫描与DWI序列ADC图像评估  
前列腺癌病理分级的价值

潘玲玲 潘细根 占习双 王位

**[摘要]** **目的** 探究磁共振动态增强扫描(DCE-MRI)与磁共振弥散加权成像(DWI)表观弥散系数(ADC)图像对前列腺癌病理分级的评估价值。**方法** 回顾性分析188例前列腺癌患者临床资料,所有患者均行DCE-MRI与DWI检查,以病理活检结果为金标准,根据Gleason分级系统将患者分为Ⅰ级组(52例)、Ⅱ级组(84例)、Ⅲ级组(52例)。分析DCE-MRI与DWI序列ADC图像诊断结果,比较不同Gleason分级患者动态增强扫描参数容量转移常数( $K^{trans}$ )、速率常数( $K_{ep}$ )、血管外细胞外间隙容积分数( $V_e$ )及DWI图像ADC值,分析各参数与Gleason分级相关性,绘制受试者曲线(ROC)评估磁共振参数对病理分级的评估价值。**结果** DCE-MRI与DWI联合对前列腺癌检出率为85.11%(160/188)。 $K^{trans}$ 值、 $K_{ep}$ 值随病理分级升高而增大,ADC值随病理分级升高而减小( $F$ 分别=9.52、14.57、32.31,  $P$ 均 $<0.05$ );不同病理分级 $V_e$ 值比较,差异无统计学意义( $F=0.57$ ,  $P>0.05$ )。 $K^{trans}$ 值、 $K_{ep}$ 值与Gleason评分呈正相关( $r$ 分别=0.25、0.23,  $P$ 均 $<0.05$ ),ADC值与Gleason评分呈负相关( $r=-0.38$ ,  $P<0.05$ )。 $K^{trans}$ 值、 $K_{ep}$ 值、ADC值及三者联合诊断Ⅲ级前列腺癌的曲线下面积分别为0.68、0.66、0.76、0.83,三者联合诊断Ⅲ级前列腺癌的价值最高( $Z$ 分别=3.51、4.04、2.66,  $P$ 均 $<0.05$ )。**结论** 前列腺癌患者DCE-MRI检查参数 $K^{trans}$ 值、 $K_{ep}$ 值与病理分级Gleason评分呈正相关,DWI成像ADC值与Gleason评分呈负相关,三个参数值联合诊断高分化前列腺癌的价值较高,可作为评估前列腺癌患者肿瘤病理分级的参考指标。

**[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; 表观弥散系数; 病理分级

**Value of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance scanning and DWI sequence ADC image in the diagnosis of pathological grading of prostate cancer** PAN Lingling, PAN Xigen, ZHAN Xishuang, et al. Department of Radiology, Wenling Hospital of Traditional Chinese Medicine, Wenling 317500, China.

**[Abstract]** **Objective** To explore the value of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging (DCE-MRI) and diffusion-weighted imaging (DWI) apparent diffusion coefficient (ADC) image in the pathological grading of prostate cancer. **Methods** The clinical data of 188 patients with prostate cancer were retrospectively analyzed. All patients underwent DCE-MRI and DWI. Taking pathological biopsy results as the gold standard, the patients were divided into grade I group ( $n=52$ ), grade II group ( $n=84$ ) and grade III group ( $n=52$ ). The diagnostic results of DCE-MRI and DWI sequence ADC image were compared, and the dynamic contrast-enhanced scanning parameters such as volume transfer constant ( $K^{trans}$ ), rate constant ( $K_{ep}$ ), extravascular extracellular space volume fraction ( $V_e$ ) and ADC value of DWI image were compared among patients with different Gleason grades. The correlation between each parameter and Gleason grading was analyzed, and receiver operator characteristic (ROC) curve was drawn to evaluate the value of magnetic resonance parameters on pathological grading. **Results** The combined detection rate of DCE-MRI and DWI for prostate cancer was 85.11% (160/188). The  $K^{trans}$  and  $K_{ep}$  values were increased with the severity of pathological grading, while the ADC value was decreased with the severity of the pathological grading ( $F=9.52, 14.57, 32.31$ ,  $P<0.05$ ). There was no statistical difference in the  $V_e$  value and different pathological grading ( $F=0.57$ ,  $P>0.05$ ).  $K^{trans}$  and  $K_{ep}$  values

were positively correlated with Gleason score ( $r=0.25, 0.23$ ,  $P<0.05$ ), and ADC value was negatively correlated with Gleason score ( $r=-0.38$ ,  $P<0.05$ ). The areas under the curves of  $K^{trans}$  value,  $K_{ep}$  value, ADC value and the combination of the three indexes

DOI: 10.13558/j.cnki.issn1672-3686.2023.004.012

基金项目:温岭市科技项目(2015C311048)

作者单位:317500 浙江温岭,温岭市中医院放射科(潘玲玲、潘细根),泌尿外科(占习双),神经内科(王位)

in diagnosing grade III prostate cancer were 0.68, 0.66, 0.76 and 0.83 respectively, the combination of the three indexes had the highest value for diagnostic grade prostate cancer ( $Z=3.51, 4.04, 2.66, P<0.05$ ). **Conclusion** DCE-MRI examination parameters such as  $K^{trans}$  value and  $K_{ep}$  value of patients with prostate cancer are positively correlated with pathological grade Gleason score, and DWI imaging ADC value is negatively correlated with Gleason score. The combination of the three parameters is of high value in the diagnosis of highly-differentiated prostate cancer, and can be used as reference index for evaluating tumor pathological grading in patients with prostate cancer.

**[Key words]** prostate cancer; dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging; diffusion-weighted imaging; apparent diffusion coefficient; pathological grading

前列腺癌是好发于中老年男性前列腺上皮的恶性肿瘤,随年龄增长其发病率及病死率呈上升趋势,早期准确诊断是提高前列腺癌患者治愈率的关键<sup>[1]</sup>。磁共振是目前诊断恶性肿瘤较理想的无创检查手段,其中磁共振动态增强扫描(dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging, DCE-MRI)可通过增强病灶区回声对比来清楚反映病灶区域微循环灌注、渗透性、血管容量及细胞外间隙,磁共振弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)能反映前列腺组织中微血管和细胞内外水分子扩散情况,该系数与腺体细胞增殖分化密切相关<sup>[2,3]</sup>。基于此,本研究通过分析不同病理分级前列腺癌患者DCE-MRI相关参数及DWI序列ADC值变化情况,探究其在鉴别前列腺癌患者恶化程度方面的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析温岭市中医院2015年9月到2021年9月收治的188例前列腺癌患者临床病历资料。纳入标准为:①因疑似前列腺疾病行前列腺DCE-MRI与DWI检查;②穿刺或手术活检确诊为前列腺癌<sup>[4]</sup>;③影像学检查与病理活检诊断间隔 $\leq 3$ 个月;④患者依从性良好。排除标准为:①伴有其他恶性肿瘤;②检查前已行穿刺、内分泌等非手术治疗;③造影剂过敏;④肿瘤长径 $< 5$  mm或影像学无法明确病灶;⑤病历资料不完整。根据前列腺癌Gleason评分<sup>[5]</sup>进行分组,评分 $\leq 6$ 分为I级,7分为II级, $\geq 8$ 分为III级,分级越高说明分化越差,恶性程度越高。符合标准的患者分为I级组52例、II级组84例、III级组52例,三组患者一般资料见表1。三组比较,差异均无统计学意义( $P$ 均 $> 0.05$ )。

表1 不同病理分级患者一般资料比较

| 组别    | n  | 年龄/岁             | 病程/月            | 体重指数/kg/m <sup>2</sup> | 前列腺体积/ml         | 肿瘤部位/例(%) |           |
|-------|----|------------------|-----------------|------------------------|------------------|-----------|-----------|
|       |    |                  |                 |                        |                  | 单侧        | 双侧        |
| I级组   | 52 | 72.46 $\pm$ 7.14 | 5.97 $\pm$ 1.26 | 23.16 $\pm$ 2.75       | 76.15 $\pm$ 6.32 | 36(69.23) | 16(30.77) |
| II级组  | 84 | 73.12 $\pm$ 7.26 | 6.12 $\pm$ 1.53 | 22.56 $\pm$ 2.49       | 76.51 $\pm$ 5.79 | 61(72.62) | 23(27.38) |
| III级组 | 52 | 73.59 $\pm$ 6.85 | 6.23 $\pm$ 1.45 | 22.37 $\pm$ 2.52       | 76.84 $\pm$ 6.08 | 31(59.62) | 21(40.38) |

1.2 方法

1.2.1 MRI检查 所有患者均采用西门子Avanto 1.5T MRI设备,取仰卧位,扫描精囊腺以及完整前列腺。采用腹部相控线圈,检查序列包括:T1WI、T2WI、DCE-MRI及DWI。T1WI获取常规轴位,采用快速自旋回波序列FSE序列,扫描参数:重复时间(time of repetition, TR) 450 ms、回波时间(time to echo, TE) 11 ms、矩阵250 $\times$ 190、视野范围(field of vision, FOV) 280 mm $\times$ 280 mm、层厚4.0 mm、层间距4.8 mm。T2WI获取矢状位、冠状位和轴位,采用快速自旋回波序列,扫描参数:TR 4300 ms、TE 120 ms、矩阵320 mm $\times$ 240、FOV 280 mm $\times$ 280 mm/240 mm $\times$

240 mm、层厚4.0 mm、层间距4.8 mm。DCE-MRI获取轴位,采用超快速多期动态序列T1WI,扫描参数:TR 5.19 ms、TE 2.4 ms、矩阵350 $\times$ 180、FOV 380 mm $\times$ 240 mm、层厚3.0 mm、层间距4.0 mm,采用对比剂钆喷替酸葡甲胺0.2 mmol/kg,以注射速率25 ml/s经肘静脉注入,并以同等流速注射生理盐水15 ml,注射对比剂的同时开始扫描,180 s内共采集5期。DWI采用单次激发平面回波成像序列,扫描参数:b值1 000 s/mm、TR 2 800 ms、TE 94 ms、矩阵130 $\times$ 130、FOV 360 mm $\times$ 240 mm、层厚4.0 mm、层间距4.8 mm。

1.2.2 图像处理 将原始数据传输至影像处理工

作站,所得图像均由2名专业影像学诊断医师采取双盲法阅片并进行图像处理。DCE-MRI选取病灶最大层面作为感兴趣区,获得病灶区时间-信号强度曲线,早期信号强度持续升高为Ⅰ型曲线;早期信号强度升高后出现平台期为Ⅱ型曲线;早期信号快速强度升高后降低为Ⅲ型曲线。借助药代动力学模型计算血管渗透性参数容量转移常数( $K^{trans}$ )、速率常数( $K_{ep}$ )、血管外细胞外间隙容积分数( $V_e$ ),获取DWI图像ADC值。

1.3 统计学方法 采用SPSS 21.0统计学软件,计数资料以例(%)表示,采用 $\chi^2$ 检验;计量资料满足正态分布,用均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示,多组间比较行单因素方差分析,组间两两对比行LSD- $t$ 检验;采用Pearson相关分析磁共振参数与Gleason评分的相关性;绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线评估磁共振参数对病理分级的诊断价值,评价指标为ROC曲线下面积(area under the curve, AUC)和95%可信区间(95% confidence interval, 95%CI)。设 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 DCE-MRI与DWI诊断结果 以病理组织活检确诊结果为金标准,由DCE-MRI检出155例,检出率82.45%,漏诊8例,误诊25例;由DWI检出151例,检出率80.32%,漏诊11例,误诊26例;DCE-MRI与DWI联合检出160例,检出率85.11%,

漏诊8例,误诊20例。

## 2.2 不同病理分级患者磁共振参数比较见表2

表2 不同病理分级患者磁共振参数比较

| 组别  | $K^{trans}/\text{min}$ | $K_{ep}/\text{min}$ | $V_e$          | ADC值/<br>$\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$ |
|-----|------------------------|---------------------|----------------|-----------------------------------------------|
| Ⅰ级组 | $0.39\pm 0.08$         | $0.96\pm 0.17$      | $0.40\pm 0.13$ | $1.02\pm 0.21$                                |
| Ⅱ级组 | $0.42\pm 0.06^*$       | $1.08\pm 0.19^*$    | $0.42\pm 0.16$ | $0.86\pm 0.17^*$                              |
| Ⅲ级组 | $0.46\pm 0.07^{*#}$    | $1.16\pm 0.21^{*#}$ | $0.43\pm 0.14$ | $0.75\pm 0.13^{*#}$                           |

注:\*:与Ⅰ级组比较, $P<0.05$ ;#:与Ⅱ级组比较, $P<0.05$ 。

由表2可见,三组 $K^{trans}$ 值、 $K_{ep}$ 值及ADC值比较差异均有统计学意义( $F$ 分别=9.52、14.57、32.31,  $P$ 均 $<0.05$ ),其中Ⅱ级组 $K^{trans}$ 值、 $K_{ep}$ 值均高于Ⅰ级组( $t$ 分别=2.49、3.72,  $P$ 均 $<0.05$ ),ADC值低于Ⅰ级组( $t=4.87$ ,  $P<0.05$ );Ⅲ级组 $K^{trans}$ 值、 $K_{ep}$ 值均高于Ⅰ级组与Ⅱ级组( $t$ 分别=4.75、5.34、3.54、2.29,  $P$ 均 $<0.05$ ),ADC值低于Ⅰ级组与Ⅱ级组( $t$ 分别=7.88、4.00,  $P$ 均 $<0.05$ )。三组 $V_e$ 值比较,差异无统计学意义( $F=0.57$ ,  $P>0.05$ )。

2.3  $K^{trans}$ 值、 $K_{ep}$ 值及ADC值与前列腺癌Gleason评分相关性分析  $K^{trans}$ 值、 $K_{ep}$ 值与Gleason评分呈正相关( $r$ 分别=0.25、0.23,  $P$ 均 $<0.05$ ),ADC值与Gleason评分呈负相关( $r=-0.38$ ,  $P<0.05$ )。

2.4  $K^{trans}$ 值、 $K_{ep}$ 值及ADC值诊断Ⅲ级前列腺癌病理分级的价值分析见表3

表3  $K^{trans}$ 值、 $K_{ep}$ 值及ADC值诊断Ⅲ级前列腺癌的价值分析

| 指标            | 截点值                                      | AUC  | 95%CI     | $P$     | 约登指数 | 灵敏度/% | 特异度/% |
|---------------|------------------------------------------|------|-----------|---------|------|-------|-------|
| $K^{trans}$ 值 | 0.46 min                                 | 0.68 | 0.60~0.76 | $<0.05$ | 0.54 | 84.62 | 69.12 |
| $K_{ep}$ 值    | 1.15 min                                 | 0.66 | 0.57~0.76 | $<0.05$ | 0.37 | 57.69 | 79.41 |
| ADC值          | $0.88\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$ | 0.76 | 0.69~0.84 | $<0.05$ | 0.48 | 86.54 | 61.03 |
| 三者联合          |                                          | 0.83 | 0.77~0.90 | $<0.05$ | 0.53 | 92.31 | 60.29 |

由表3可见, $K^{trans}$ 值、 $K_{ep}$ 值、ADC值及三者联合诊断Ⅲ级前列腺癌的AUC分别为0.68、0.66、0.76、0.83,三者联合诊断Ⅲ级前列腺癌的价值最高( $Z$ 分别=3.51、4.04、2.66,  $P$ 均 $<0.05$ )。

## 3 讨论

DWI对肿瘤血管呈显著高信号,其图像ADC值可体现肿瘤及周围组织水分子扩散运动特性,以此反映肿瘤细胞及周围组织水肿、炎性浸润情况,在前列腺癌诊断中起重要作用<sup>[6]</sup>。本次研究结果显示,前列腺癌患者术前经DCE-MRI与DWI联合筛查前列腺癌的检出率最高(85.11%),与陆健美等<sup>[7]</sup>

研究结果相似。但经联合诊断,仍有28例未检出前列腺癌,其原因可能为发生在外周带的前列腺增生或炎性纤维瘢痕影响DCE-MRI造影剂廓清成像,且DWI序列成像受信号及噪声影响导致图像未能呈现高信号区域,造成二者误诊或漏诊情况<sup>[8]</sup>。

本次研究发现,前列腺癌患者DCE-MRI成像的 $K^{trans}$ 值、 $K_{ep}$ 值随病理分级升高而增大,与Gleason评分呈正相关,DWI成像ADC值随病理分级升高而降低,与Gleason评分呈负相关,提示 $K^{trans}$ 值、 $K_{ep}$ 值与ADC值可作为鉴别前列腺癌病理分级的指标。 $K^{trans}$ 值反映对比剂从血管腔内至血管腔外的转运情

况,  $K_{ep}$  值反映对比剂从血管外间隙回流至血管腔内的情况,  $V_e$  值反映对比剂从血管内转运到血管外间隙的容积在整体血管外细胞外间隙容积的百分比, 三者受组织血流量及血管渗透性影响<sup>[9]</sup>。因肿瘤病理生理分期与其微血管生成有关, 微血管密度随病理分期而增大, 微血管增多致血管内皮细胞外间隙扩大, 血管通透性上升, 对比剂在血管腔内外转运增多,  $K^{trans}$  值、 $K_{ep}$  值增加<sup>[10]</sup>。  $V_e$  值无明显差异的原因可能在于患者血流在时间及空间分布不平衡, 受组织液静水压或整体血管外细胞外间隙容积影响导致不同病理分级肿瘤组织的  $V_e$  值多变, 无特异性<sup>[11]</sup>。

本次研究结果中 DWI 成像 ADC 值随病理分级升高而降低, 与 Gleason 评分呈负相关, 也提示 ADC 值可作为鉴别前列腺癌病理分级的指标。原因在于前列腺癌患者病理分级 Gleason 评分越高, 细胞分化越差, 正常腺管组织形成受到限制, 肿瘤细胞快速繁殖, 导致腺体结构减少, 组织细胞密度变大, 水分子扩散运动受限则 ADC 值降低<sup>[12]</sup>。张永生等<sup>[13]</sup>研究同样认为 ADC 值与肿瘤细胞生长、浸润密切相关, 病灶区域 ADC 值越低提示该区水分子扩散受限程度越明显, 细胞构成密度增大。本次研究 ROC 曲线分析结果显示:  $K^{trans}$  值、 $K_{ep}$  值与 ADC 值三者联合诊断Ⅲ级前列腺癌的价值最高, AUC 为 0.83, 灵敏度为 92.31%、特异度为 60.29%, 说明 DCE-MRI 成像与 DWI 成像联合检查可提高鉴别前列腺癌病理分级的准确性, 这与朱光斌等<sup>[14]</sup>研究类似。本研究不足之处在于为单中心研究且样本量较少, 仅分析了 DCE-MRI 及 DWI 相关参数对前列腺癌的鉴别诊断价值, 未能进一步探究上述参数对前列腺癌患者治疗及预后的评估价值, 后续将扩大样本量并延长研究时间, 分析磁共振影像学指标在前列腺癌患者治疗及预后评估中的应用价值。

综上所述, 前列腺癌患者 DCE-MRI 检查参数  $K^{trans}$  值、 $K_{ep}$  值与病理分级 Gleason 评分呈正相关, DWI 成像 ADC 值与 Gleason 评分呈负相关, 三个参数值联合诊断高分化前列腺癌的价值较高, 可作为评估患者肿瘤病理分级的参考指标。

#### 参考文献

- 1 廖姮, 刘道, 朱晓娟. 磁共振-经直肠超声靶向穿刺联合前列腺病理大切片对前列腺癌精准诊断的优势分析[J]. 中华男科学杂志, 2022, 28(1): 37-42.
- 2 李鹏, 梁浩然. 多弥散敏感系数 DWI 和 DCE-MRI 联合在

- 前列腺癌及前列腺增生鉴别诊断的价值研究[J]. 河北医学, 2019, 25(2): 193-197.
- 3 Xu L, Zhang G, Shi B, et al. Comparison of biparametric and multiparametric MRI in the diagnosis of prostate cancer[J]. Cancer Imaging, 2019, 19(1): 90-93.
- 4 赫捷, 陈万青, 李霓, 等. 中国前列腺癌筛查与早诊早治指南(2022)[S]. 中华肿瘤杂志, 2022, 44(1): 29-53.
- 5 中华放射学杂志前列腺疾病诊疗工作组, 中华放射学杂志编辑委员会. 前列腺癌 MRI 检查和诊断共识(第二版)[J]. 中华放射学杂志, 2018, 52(10): 743-750.
- 6 Fan X, Chatterjee A, Pittman JM, et al. Effectiveness of dynamic contrast enhanced MRI with a split dose of gadoterate meglumine for detection of prostate cancer[J]. Acad Radiol, 2022, 29(6): 796-803.
- 7 陆健美, 葛建钢, 王静, 等. 联合应用 3.0T 磁共振 T2WI、DWI 及 DCE-MRI 成像诊断前列腺癌[J]. 实用肿瘤杂志, 2020, 35(4): 355-359.
- 8 Ma XZ, Lv K, Sheng JL, et al. Application evaluation of DCE-MRI combined with quantitative analysis of DWI for the diagnosis of prostate cancer[J]. Oncol Lett, 2019, 17(3): 3077-3084.
- 9 Di Campli E, Delli Pizzi A, Seccia B, et al. Diagnostic accuracy of biparametric vs multiparametric MRI in clinically significant prostate cancer: Comparison between readers with different experience[J]. Eur J Radiol, 2018, 101(1): 17-23.
- 10 Fukunaga T, Tamada T, Kanomata N, et al. Quantitative diffusion-weighted imaging and dynamic contrast-enhanced MR imaging for assessment of tumor aggressiveness in prostate cancer at 3T[J]. Magn Reson Imaging, 2021, 83(1): 152-159.
- 11 Afshari Mirak S, Mohammadian Bajgiran A, Sung K, et al. Dynamic contrast-enhanced (DCE) MR imaging: The role of qualitative and quantitative parameters for evaluating prostate tumors stratified by Gleason score and PI-RADS v2[J]. Abdom Radiol (NY), 2020, 45(7): 2225-2234.
- 12 Giganti F, Pecoraro M, Fierro D, et al. DWI and PRECISE criteria in men on active surveillance for prostate cancer: A multicentre preliminary experience of different ADC calculations[J]. Magn Reson Imaging, 2020, 67(1): 50-58.
- 13 张永生, 刘海明, 叶裕丰, 等. MR 动态增强、DWI/ADC 值等多参数成像与前列腺癌 Gleason 分级相关性研究[J]. 国际泌尿系统杂志, 2017, 37(6): 842-846.
- 14 朱光斌, 罗锦文, 邓义, 等. 磁共振动态增强定量参数和 ADC 值对前列腺癌的临床诊断价值[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2021, 27(4): 308-312.

(收稿日期 2022-06-27)

(本文编辑 葛芳君)