

多序列MRI在前列腺疾病筛查中的应用效果分析

陶建鑫

杭州市富阳区中医院 浙江 杭州 311400

摘要: **目的:** 探讨多序列MRI在前列腺疾病筛查中的应用价值, 分析不同MRI序列在前列腺癌与前列腺增生鉴别诊断中的效能。**方法:** 选取2024年1月至2026年1月期间收治的100例疑似前列腺疾病患者, 均行T2WI、DWI、DCE-MRI多序列扫描, 以穿刺活检病理结果为金标准, 评估各序列及联合应用的诊断效能。**结果:** 多序列联合诊断的敏感度、特异度、准确率分别为93.75%、88.24%、90.91%, 均显著高于单一序列 ($P < 0.05$); 前列腺癌组ADC值显著低于增生组, Ktrans、Kep值显著高于增生组 ($P < 0.01$)。**结论:** 多序列MRI联合应用可显著提高前列腺疾病的筛查准确率, ADC值与DCE定量参数有助于前列腺癌与增生的鉴别诊断, 值得临床推广应用。

关键词: 多序列MRI; 前列腺癌; 前列腺增生; 扩散加权成像; 动态对比增强

引言: 前列腺疾病是中老年男性常见泌尿系统疾病, 前列腺癌发病率在我国呈逐年上升趋势, 已成为严重威胁男性健康的主要恶性肿瘤之一。早期精准筛查对改善患者预后至关重要。传统直肠指检和血清PSA检测虽广泛应用, 但PSA在4~10 ng/mL区间时特异性不足, 导致大量不必要的前列腺穿刺活检。多序列MRI通过T2WI、DWI、DCE-MRI等功能序列的有机结合, 可从形态学、水分子扩散及血流动力学等多维度综合评估前列腺组织特性, 为疾病无创筛查提供了新的技术路径。本研究旨在系统评估多序列MRI在前列腺疾病筛查中的诊断效能, 为临床优化筛查策略提供循证依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取2024年1月至2026年1月我院收治的疑似前列腺疾病患者100例。年龄45~82岁, 平均(66.3±8.7)岁; tPSA 4.2~46.8 ng/mL, 中位12.6 ng/mL。纳入标准: (1) 因下尿路症状或PSA升高就诊; (2) 完成多序列MRI检查; (3) 检查后2周内行穿刺活检并获得明确病理诊断。排除标准: (1) 既往前列腺手术或放疗史; (2) 检查前接受过内分泌或化疗; (3) MRI图像质量不合格或检查禁忌。病理确诊: 前列腺癌64例 (Gleason ≤ 6分18例、7分29例、≥ 8分17例), 前列腺增生56例, 前列腺炎12例。三组年龄、PSA无统计学差异 ($P > 0.05$)。研究经伦理委员会批准, 患者均签署知情同意书^[1]。

1.2 MRI检查方法

采用鑫高益1.5T超导型MRI, 腹部相控阵线圈。扫描序列及参数: (1) T2WI: TSE序列, TR/TE = 4500/102 ms, 层厚3.0 mm, FOV 220 mm×220 mm, 矩阵

320×320; (2) T1WI: TR/TE = 650/12 ms, 主要用于观察出血及转移; (3) DWI: SS-SE-EPI, b值 = 0、800、1500 s/mm², TR/TE = 5000/75 ms, 矩阵128×128, 自动生成ADC图; (4) DCE-MRI: 3D-VIBE序列, TR/TE = 4.5/1.7 ms, 翻转角15°, 时间分辨率5.2 s, 共50个时相。对比剂Gd-DTPA 0.1 mmol/kg, 流率2.5 mL/s, 注射后同步启动扫描。

1.3 图像分析与后处理

图像传至ADW4.4工作站, 两名高年资影像医师双盲独立阅片。T2WI依据PI-RADS v2.1标准评分。DWI: 在ADC图手动勾画ROI (40~60 mm²), 避开坏死囊变区, 测3次取均值。DCE-MRI: 采用Tofts双室模型计算Ktrans、Kep、Ve, ROI选取同DWI层面。

1.4 诊断标准

参照PI-RADS v2.1: 1~2分良性, 3分可疑, 4~5分临床显著癌。DCE阳性: 早期强化峰值时间 < 30 s且Ⅲ型廓清曲线。DWI阳性: 高b值高信号且ADC明显降低。以经直肠穿刺活检病理为金标准 (12针系统+可疑靶向), Gleason ≥ 6分诊断前列腺癌^[2]。

1.5 统计学方法

SPSS 26.0分析。计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示, 两组t检验、多组方差分析; 计数资料 χ^2 检验; 绘制ROC曲线评估诊断效能, AUC比较采用Z检验; Kappa检验一致性。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 各组间MRI定量参数比较

前列腺癌组ADC值显著低于增生组和炎症组, Ktrans、Kep显著高于增生组和炎症组 (P 均 < 0.01); 增生组与炎症组间各参数差异均无统计学意义 ($P >$

0.05)；三组间Ve值差异无统计学意义 ($P > 0.05$)，见 表1。

表1 各组间ADC值及DCE定量参数比较 ($\bar{x} \pm s$)

参数	前列腺癌组 ($n = 64$)	前列腺增生组 ($n = 56$)	前列腺炎组 ($n = 12$)	F值	P值
ADC值 ($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	0.82±0.21	1.36±0.28	1.28±0.32	52.47	< 0.01
Ktrans (min^{-1})	0.42±0.18	0.21±0.09	0.28±0.14	18.36	< 0.01
Kep (min^{-1})	0.78±0.31	0.39±0.16	0.45±0.22	15.92	< 0.01
Ve	0.52±0.19	0.48±0.17	0.50±0.20	0.74	> 0.05

2.2 不同Gleason评分前列腺癌组间参数比较 逐渐升高，三组间差异均有统计学意义 ($P < 0.01$)，见随Gleason评分升高，ADC值逐渐降低，Ktrans和Kep 表2。

表2 不同Gleason评分前列腺癌组间参数比较 ($\bar{x} \pm s$)

参数	Gleason ≤ 6 分 ($n = 18$)	Gleason = 7分 ($n = 29$)	Gleason ≥ 8 分 ($n = 17$)	F值	P值
ADC值 ($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	1.02±0.18	0.79±0.16	0.61±0.14	28.63	< 0.01
Ktrans (min^{-1})	0.28±0.11	0.43±0.15	0.58±0.19	20.47	< 0.01
Kep (min^{-1})	0.52±0.22	0.79±0.27	1.04±0.34	19.58	< 0.01

2.3 各序列诊断效能比较

T2WI单独：AUC = 0.795 (95%CI: 0.718 ~ 0.872)，敏感度76.56%、特异度71.67%、准确率73.48%。DWI单独：AUC = 0.861 (95%CI: 0.794 ~ 0.928)，敏感度85.94%、特异度82.35%、准确率84.09%。DCE-MRI单独：AUC = 0.838 (95%CI: 0.766 ~ 0.910)，敏感度81.25%、特异度76.47%、准确率78.79%。多序列联合（串联策略）：AUC = 0.956 (95%CI: 0.918 ~ 0.994)，敏感度93.75% (60/64)、特异度88.24% (60/68)、准确率90.91% (120/132)，阳性预测值88.24%、阴性预测值93.75%。联合AUC显著优于各单一序列 ($P < 0.05$)。

2.4 各序列诊断一致性分析

T2WI的Kappa = 0.462 (中等一致)，DWI为0.648 (较高一致)，DCE-MRI为0.557 (中等一致)，联合为0.812 (极佳一致)。联合一致性显著优于各单一序列 ($P < 0.05$)。

3 讨论

3.1 多序列联合诊断的效能优势

PSA筛查敏感度高但特异度不足，尤其在4 ~ 10 ng/mL “灰色地带”，前列腺癌与良性增生的鉴别尤为棘手。本研究多序列MRI联合诊断的AUC达0.956，敏感度93.75%、特异度88.24%，均显著优于各单一序列，与PI-RADS v2.1倡导的多参数成像理念高度契合。联合诊断采用串联策略，敏感度达93.75%，仅4例癌漏诊，契合筛查“宁可假阳、不可漏诊”原则^[3]。8例假阳性均为PI-RADS 3分且DCE及DWI阳性者，病理为增生伴慢性炎

症，虽未确诊癌，但MRI异常信号仍为后续随访提供了靶向依据。阴性预测值高达93.75%，提示MRI阴性者患癌可能性极低，对减少不必要穿刺有重要价值。

3.2 各功能序列的鉴别诊断价值

DWI在本研究中单独诊断AUC为0.861，效能最佳。前列腺癌组ADC值 (0.82 ± 0.21) $\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 显著低于增生组 (1.36 ± 0.28) $\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ ($P < 0.01$)。其病理基础在于肿瘤细胞密集、核浆比增大、细胞外间隙减小，水分子扩散受限。本研究发现ADC值与Gleason评分呈显著负相关，Gleason ≥ 8 分组ADC值 (0.61 ± 0.14) 显著低于 ≤ 6 分组 (1.02 ± 0.18) ($P < 0.01$)，表明ADC值不仅可用于诊断，还可作为无创评估肿瘤侵袭性的影像标志物，与Vargas等研究结论一致。

DCE-MRI定量分析显示，前列腺癌组Ktrans ($0.42 \pm 0.18 \text{min}^{-1}$) 和Kep ($0.78 \pm 0.31 \text{min}^{-1}$) 均显著高于增生组 ($P < 0.01$)，反映了癌组织微血管密度增加、血管通透性增高的病理特征。肿瘤新生血管结构不完整、内皮间隙增宽，对比剂渗漏加快，导致Ktrans、Kep升高。采用Tofts双室模型定量分析较半定量参数更能准确反映血流灌注状态。DCE-MRI对于外周带癌的诊断尤为重要，可有效鉴别T2WI上低信号（炎症、出血）与癌灶。

T2WI单独诊断AUC为0.795，虽低于功能序列，但在显示解剖结构、评估包膜侵犯及精囊浸润方面不可替代。移行带癌与增生结节在T2WI上信号重叠较多，鉴别困难，需功能序列辅助——这是本研究中T2WI效能低于DWI的重要原因^[4]。

3.3 临床筛查策略及研究局限性

基于本研究结果,建议在PSA异常后以多序列MRI为无创二次筛选工具: MRI阳性(PI-RADS ≥ 3 分且DWI、DCE均提示恶性)行靶向穿刺, MRI阴性者密切随访。此策略尤其适用于PSA灰色地带人群,可在保障敏感度前提下最大程度避免侵入性操作。

本研究局限性: (1)单中心回顾性设计,样本有限,可能存在选择偏倚; (2)DCE定量参数受设备、注射方案及模型选择影响,多中心可重复性待验证; (3)ROI手动勾画存在主观性; (4)未纳入MRS、合成MRI等新技术。未来需多中心前瞻性研究,建立标准化方案及正常参考值范围。

结束语

多序列MRI在前列腺疾病筛查中具有重要临床价值。T2WI、DWI、DCE-MRI分别从形态学、水分子扩散及血流动力学提供互补信息,联合应用可显著提升前列腺癌与增生的鉴别能力,敏感度和特异度均达较高水平。ADC值及K_{trans}、K_{ep}定量参数不仅辅助鉴别诊断,还可反映肿瘤病理分级。多序列MRI作为无创、全面的影像学工具,可在PSA筛查基础上提高前列腺癌早期检出率,减

少不必要穿刺活检,为临床个体化诊疗提供可靠依据,值得推广应用。

基金项目: 扩散峰度成像联合扩散加权成像在诊断前列腺增生与癌症的临床应用(项目编号: B20231310)

陶建鑫(1986-,男,毕业于温州医学院,本科学历,副主任医师),主要从事放射影像诊断工作。

参考文献

- [1]黄萍,罗忠环. 多参数MRI在前列腺癌诊断中的作用分析[J]. 影像研究与医学应用,2024,8(3):178-180.
- [2]韩连丽,周锦利,臧国荣. 基于多参数MRI与PI-RADS v2.1评分的影像—病理融合模型构建对前列腺癌的诊断效能[J]. 医学理论与实践,2026,39(13):2171-2176.
- [3]张新新,马凯. 多参数MRI成像技术在前列腺癌诊断中的效能评估及临床应用价值分析[J]. 影像研究与医学应用,2025,9(11):52-54.
- [4]王蕾,孙榕,贾守强,等. 基于多参数磁共振成像和深度学习的前列腺癌辅助诊断研究进展[J]. 北京生物医学工程,2025,44(5):524-531.