

论 著

多参数MRI联合PSA结合机器学习对前列腺中央区良恶性结节的诊断价值分析

张 俊*

湖北省鄂州市中心医院医学影像科
(湖北 鄂州 436000)

【摘要】目的 分析多参数核磁共振成像(MRI)联合前列腺特异性抗原(PSA)结合机器学习对前列腺中央区良恶性结节的诊断价值。**方法** 回顾性分析2018年6月至2021年6月期间于医院进行前列腺多参数MRI检查的135例患者临床资料,包括前列腺癌患者62例和前列腺增生患者73例,应用MaZda软件提取T₂WI、表观扩散系数(ADC)图像纹理特征,分别构建PSA与T₂WI、ADC图像纹理特征的数据库,并分析基于T₂WI、ADC纹理特征以及PSA的逻辑回归(LR)、支持向量机(SVM)和K邻近(KNN)机器学习模型诊断前列腺中央区良恶性结节的效能。**结果** 基于T₂WI纹理特征以及PSA的3种机器学习模型LR、SVM、KNN测试集AUC分别为0.782、0.777、0.772,基于ADC纹理特征以及PSA的3种机器学习模型LR、SVM、KNN测试集AUC分别为0.906、0.877、0.889,基于ADC纹理特征以及PSA的3种机器学习模型的AUC高于T₂WI,且LR模型具有最理想的诊断效能。**结论** 多参数MRI联合PSA结合机器学习在前列腺中央区良恶性结节诊断中具有良好的应用价值,且构建基于ADC纹理特征以及PSA的机器学习模型LR更加有助于鉴别诊断前列腺中央区良恶性结节,继而提高诊断效能。

【关键词】 前列腺癌;多参数核磁共振成像;前列腺特异性抗原;机器学习;诊断价值

【中图分类号】 R445.2

【文献标识码】 A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.06.044

Diagnostic Value of Multiparametric MRI with PSA Combined with Machine Learning on Benign and Malignant Nodules in the Prostate Central Region

ZHANG Jun*

Department of medical imaging, Ezhou Central Hospital, Ezhou 436000, Hubei Province, China

ABSTRACT

Objective To analyze the diagnostic value of multiparametric magnetic resonance imaging (MRI) with prostate specific antigen (PSA) combined with machine learning on benign and malignant nodules in prostate central region. **Methods** The clinical data of 135 patients who underwent multiparametric MRI of prostate in the hospital from June 2018 to June 2021 were retrospectively analyzed, including 62 cases with prostate cancer and 73 cases with benign prostatic hyperplasia. MaZda software was used to extract the image texture features of T₂WI and apparent diffusion coefficient (ADC), and the databases of PSA with image texture features of T₂WI and ADC were built, and the diagnostic efficiencies of machine learning models of logistic regression (LR), support vector machine (SVM) and K nearest neighbor (KNN) based on image texture features of T₂WI and ADC and PSA in the diagnosis of benign and malignant nodules in the central region of prostate were analyzed. **Results** The AUCs of the three machine learning models LR, SVM, and KNN based on T₂WI texture features and PSA were 0.782, 0.777 and 0.772 respectively, and the AUCs of the three machine learning models based on ADC texture features and PSA were 0.906, 0.877 and 0.889 respectively. The AUCs of the three machine learning models based on ADC texture features and PSA were higher than those of T₂WI, and the LR model had the best diagnostic efficiency. **Conclusion** Multiparametric MRI with PSA combined with machine learning has a good application value in the diagnosis of benign and malignant nodules in the central region of the prostate, and the construction of machine learning model LR based on ADC texture features and PSA is more helpful for the differential diagnosis of benign and malignant nodules in the central region of the prostate, and it improves the diagnostic efficiency.

Keywords: Prostate Cancer; Multiparametric Magnetic Resonance Imaging; Prostate Specific Antigen; Machine Learning; Diagnostic Value

前列腺癌是男性中最普遍的恶性肿瘤,也是最常见的死亡原因之一^[1]。过去几十年中,我国男性患者的前列腺癌患病率迅速增加^[2]。报道指出,大约有30%的前列腺癌发生于前列腺中央区,而良性前列腺增生同样好发于此区域^[3]。随着筛查的普及、影像学检查、基因组检测以及治疗手段的进步,前列腺癌患者的五年生存率高达98%^[4]。血清前列腺特异抗原(prostate specific antigen, PSA)是诊断前列腺癌的有效生物学指标,尽管其具有较高的敏感度,但缺乏特异性,前列腺增生、前列腺炎患者亦可能存在血清PSA水平上升的情况^[5]。目前认为,多参数核磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)是诊断前列腺癌的最理想的影像学检查方法,其中T₂WI、弥散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)及其表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)值对前列腺癌具有较高的诊断价值,但阅片结果的准确性与临床医师密切相关^[6]。机器学习在前列腺癌的早期诊断中具有良好的应用前景,通过机器学习有助于建立良恶性结节的预测模型^[7]。本研究旨在分析多参数MRI联合PSA结合机器学习对前列腺中央区良恶性结节的诊断价值,报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料 回顾性分析2018年6月至2021年6月期间于医院进行前列腺多参数MRI检查的患者临床资料。

纳入标准: 于完成多参数MRI检查后2周内进行穿刺或手术,并获得病理结果;多参数MRI检查(T₂WI、ADC)图像质量理想,满足诊断要求;血清PSA等临床和实验室检查资料完整。**排除标准:** 排除既往前列腺手术史者;多参数MRI检查前进行相关治疗者,包括放化疗、内分泌治疗等;其他恶性肿瘤者。共有135例患者入选,包括前列腺癌患者62例,年龄50~87岁,平均年龄(69.12±8.47)岁;前列腺增生患者73例,年龄52~90岁,平均年龄(71.46±9.03)岁,两组年龄比较差异无统计学意义(P>0.05)。

1.2 方法

1.2.1 多参数MRI检查 选择PHILIPS Achieva 3.0T型MRI扫描仪和专用的相控阵表明线圈磁共振成像系统,进行T₂WI与DWI扫描。患者采取仰卧位,T₂WI采用前列腺和精囊腺范围轴位、冠状位与矢状位的抑脂快速自旋回波成像,具体扫描参数:重复时间(repetition time, TR)为4700ms,回波时间(echo time, TE)为84ms,视野扫描(field of view, FOV)为26cm×26cm,矩阵为288×224,层厚为5.5mm;DWI采取轴位扫

【第一作者】 张 俊,男,副主任医师,主要研究方向:CT/MR影像诊断。E-mail: qrstdyu@163.com

【通讯作者】 张 俊

描, b值取0、800s/mm², 具体扫描参数: TR为5250ms, TE为98.7ms, FOV为26cm×26cm, 矩阵为128×128, 层厚为5.5mm, 在工作站获得ADC图像。

1.2.2 图像分析和处理 以上所有影像学资料均由2名经验丰富的副高级医师达成一致意见后确定, 选取病灶最大轴位层面的图像。将图像导入至MaZda纹理分析软件, 并在T2WI、ADC图像上勾画感兴趣区(region of interest, ROI), 继而提取纹理特征。采用5种方法提取纹理特征, 具体方法包括灰度直方图、灰度共生矩阵、灰度游程长度矩阵、梯度矩阵以及自回归模型, 从而产生纹理特征参数。

1.2.3 特征参数筛选与影像组学模型构建 基于T₂WI纹理特征以及PSA和基于ADC纹理特征以及PSA的数据库, 采用R语言进行纹理特征参数的筛选, 并构建机器学习模型, 具体步骤为: 第一, 将前列腺癌和前列腺增生以7:3的比例随机分成训练集与测试集, 训练集75例, 测试集60例, 用于评估模型的诊断效能; 第二, 对所得数据进行正态分布检验, 筛选其中存在统计学意义的纹理特征参数; 第三, 去掉共线性高于0.7的参数; 第四, 构建基于PSA与T₂WI纹理特征、PSA与ADC纹理特征的逻辑回归(Logistic regression, LR)、支持向量机(support vector machine, SVM)和K邻近(K Nearest Neighbor, KNN)模型; 第五, 通过测试集数据评估构建模型的效能, 并获得训练集和测试集接受者操作特性曲线(receiver operating characteristic curve, ROC), 模型

效能采用准确度、敏感度、特异度和曲线下面积(area under the curve, AUC)评估。

1.3 统计学方法 采用SPSS 26.0软件处理数据, 连续型资料的表示形式为均值±标准差($\bar{x} \pm s$), 组间对比行独立t检验。P<0.05提示差异存在统计学意义。

2 结果

2.1 T₂WI和ADC序列降维后剩余参数 经筛选后, 前列腺癌与前列腺增生纹理特征参数比较, 差异均存在统计学意义(P<0.05)。见表1和表2。

2.2 多参数MRI联合PSA结合机器学习对前列腺中央区良恶性结节的诊断价值 进一步建立基于T₂WI、ADC纹理特征以及PSA的6种机器学习模型训练集和测试集。见表3和表4。

2.3 病例图像 病例图像。见图1。

表1 T₂WI序列经筛选后的剩余纹理特征参数

组别	PSA(ng/mL)	S(1, 1)DifVarnc	45dgr_LngREmph
前列腺癌	58.17±18.03	0.37±0.04	5.72±0.86
前列腺增生	14.42±2.69	0.45±0.07	4.90±0.73
t	20.479	7.960	5.993
P	<0.001	<0.001	<0.001

表2 ADC序列经筛选后剩余纹理特征参数

组别	PSA(ng/mL)	S(1, -1)DifVarnc	S(5, -5)AngScMom	Horzl_GLevNonU	Vertl_LngREmph
前列腺癌	58.17±18.03	0.83±0.25	0.04±0.01	86.68±21.76	2.59±0.34
前列腺增生	14.42±2.69	3.07±0.88	0.02±0.01	39.47±5.14	8.35±2.29
t	20.479	19.380	11.580	17.967	19.612
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表3 基于T₂WI纹理特征以及PSA的3种机器学习诊断前列腺中央区良恶性结节的效能

项目		准确度	敏感度	特异度	阳性预测值	阴性预测值	AUC
训练集	LR	0.813	0.756	0.900	0.919	0.711	0.828
	SVM	0.773	0.667	0.933	0.938	0.651	0.800
	KNN	0.747	0.600	0.967	0.964	0.617	0.783
测试集	LR	0.867	0.588	0.977	0.909	0.857	0.782
	SVM	0.833	0.647	0.907	0.733	0.867	0.777
	KNN	0.750	0.824	0.721	0.538	0.912	0.772

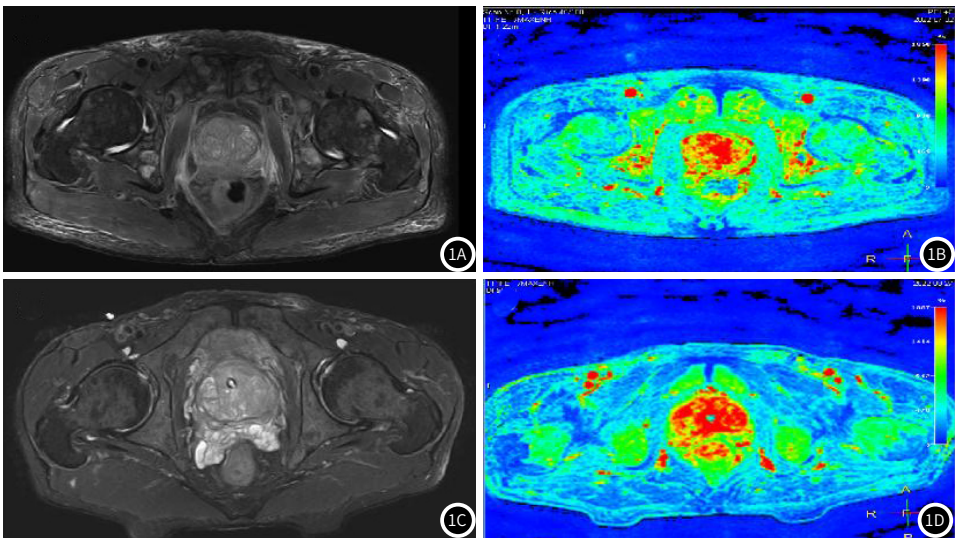


图1 中央区前列腺癌和前列腺增生多参数MRI纹理特征图像。注: 图1A 前列腺癌T₂WI图像; 图1B 前列腺癌ADC图像; 图1C 前列腺增生T₂WI图像; 图1D 前列腺增生ADC图像。

表4 基于ADC纹理特征以及PSA的3种机器学习诊断前列腺中央区良恶性结节的效能

项目		准确度	敏感度	特异度	阳性预测值	阴性预测值	AUC
训练集	LR	0.867	0.822	0.933	0.949	0.778	0.878
	SVM	0.827	0.733	0.967	0.971	0.707	0.850
	KNN	0.760	0.667	0.900	0.909	0.643	0.783
测试集	LR	0.917	0.882	0.930	0.833	0.952	0.906
	SVM	0.900	0.824	0.930	0.824	0.930	0.877
	KNN	0.917	0.824	0.953	0.875	0.932	0.889

3 讨论

前列腺增生通常发生于移行带，而前列腺癌多见于外周带，但临床已发现有部分前列腺癌同样发生于移行带^[8]。PSA对于前列腺癌的诊断和预后评估尤其关键，在临床中被广泛应用^[9]。前列腺腺体发生癌变后其正常的结构屏障被破坏，导致血清PSA水平显著上升^[10]。但其他前列腺疾病尤其是前列腺增生的部分患者亦可出现血清PSA水平上升^[11]。有报道^[12]表明，血清PSA结合影像学检查对于前列腺良恶性结节的诊断具有重要意义。

目前，多参数MRI是诊断前列腺疾病的首选影像学检查方法^[13]。既往报道^[14-15]已证实，多参数MRI对于前列腺癌具有较高的诊断价值，但若前列腺癌的发生部位在移行区，并与前列腺增生在影像学上有较大部分叠加时，二者在鉴别上仍存在一定的困难。传统影像学检查结果受影像学医师的临床经验的影响，可能存在漏诊、误诊的情况。影像组学数据信息表现为便于挖掘的形式，通过机器学习构建模型有助于指导临床工作^[16]。为进一步提高前列腺中央区良恶性结节的诊断价值，本研究采用多参数MRI联合PSA结合机器学习鉴别前列腺癌和前列腺增生。本研究结果显示，基于T₂WI纹理特征以及PSA的3种机器学习模型LR、SVM、KNN测试集AUC分别为0.782、0.777、0.772，基于ADC纹理特征以及PSA的3种机器学习模型LR、SVM、KNN测试集AUC分别为0.906、0.877、0.889，基于ADC纹理特征以及PSA的3种机器学习模型的AUC高于T₂WI。刘艳等^[17]报道则表明，基于T₂WI、ADC以及二者联合的影像组学模型对前列腺增生和前列腺癌均具有较好的诊断效能，且ADC与二者联合的诊断效能相当，并高于T₂WI的诊断效能。T₂WI在前列腺增生中呈不均匀低信号或高信号，而发生于移行带的前列腺癌T₂WI大部分呈低信号，故T₂WI用于鉴别前列腺中央区良恶性结节存在一定的困难^[18]。张宏江等^[19]报道表明，基于T₂WI及ADC的纹理特征分析在移行带前列腺癌与基质型增生结节中具有良好的鉴别价值。ADC能够反映组织中水分子的扩散运动情况，前列腺癌组织因具有较高的细胞密度，进而导致其水分子运动受限，ADC在前列腺癌中呈低信号，表现为低ADC值，前列腺增生组织内水分子的运动相对自由，表现为高ADC值^[20]。但前列腺间质增生亦可能存在运动受限情况，与前列腺癌表现出类似信号图像，从而增加鉴别难度^[21]。本研究中，基于ADC纹理特征以及PSA的LR模型AUC较高，为0.906，这可能与本研究联合了PSA进行诊断有关。本研究结果还显示，LR模型具有最理想的诊断效能，其诊断准确度为0.917，敏感度为0.882，特异度为0.930，阳性预测值为0.833，阴性预测值为0.952，提示LR模型诊断前列腺中央区良恶性结节的效能优于SVM模型和KNN模型。LR作为应用广泛的机器学习算法之一，该算法简单易操作，在表现评价因素和因变量之间关系方面具有一定优势。张沥等^[22]研究指出，基于T₂WI、ADC的影像组学模型能够有效鉴别临床显著前列腺癌和临床非显著前列腺癌，且LR算法的诊断效能最佳。李凌昊等^[23]报道亦显示，基于深度学习的人工智能通过DWI、ADC对前列腺癌的诊断价值较高，体现了深度学习在MRI前列腺癌病灶诊断中的优势。故多参数MRI联合PSA结合机器学习在前列腺中央区良恶性结节诊断中具有良好的应用价值。本研究仍存在一定的缺陷之处，第一，本研究为回顾性分析，且所收集的样本数量有限，可能会因选择上的偏倚而影响结果的可靠性，今后的工作中有待开展前瞻性研究且纳入更多病例数；第二，手动勾画ROI可能受主观因素的影响，从而使得

结果出现偏差；第三，穿刺结果可能与手术病理结果存在差异，进而导致部分病例的结果存在偏差。

综上所述，多参数MRI联合PSA结合机器学习在前列腺中央区良恶性结节诊断中具有良好的应用价值，且构建基于ADC纹理特征以及PSA的机器学习模型LR更加有助于鉴别诊断前列腺中央区良恶性结节，继而提高诊断效能，值得临床思考应用。

参考文献

- [1] Xu Z, Zhang J, Zhong Y, et al. Predictive value of the monocyte-to-lymphocyte ratio in the diagnosis of prostate cancer [J]. Medicine (Baltimore), 2021, 100 (38): 27244-27249.
- [2] Xia C, Dong X, Li H, et al. Cancer statistics in China and United States, 2022: profiles, trends, and determinants [J]. Chin Med J (Engl), 2022, 135 (5): 584-590.
- [3] Carthon B, Sibold HC, Blee S, et al. Prostate Cancer: Community Education and Disparities in Diagnosis and Treatment [J]. Oncologist, 2021, 26 (7): 537-548.
- [4] 刘晓东, 方习奇, 唐桑, 等. 动态对比增强MRI联合表观扩散系数值对前列腺中央区癌的诊断价值 [J]. 实用放射学杂志, 2020, 36 (4): 599-602.
- [5] 王慧, 赵莹, 温丽蓉, 等. 前列腺癌患者血液中PSA、TAP、MCC1的表达及其诊断价值 [J]. 上海交通大学学报: 医学版, 2022, 42 (4): 496-501.
- [6] 龚子健, 曾荣, 龚良庚, 等. 基于MRI影像组学及PSA结合机器学习对前列腺中央区良恶性结节的鉴别诊断 [J]. 暨南大学学报: 自然科学与医学版, 2022, 43 (2): 205-211.
- [7] 陈志远, 杨瑞, 刘修恒. 机器学习构建多基因模型预测前列腺癌 [J]. 现代泌尿外科杂志, 2020, 25 (7): 585-589.
- [8] 李鹏, 黄英, 李艳, 等. 第2版前列腺影像报告和数据系统评分诊断移行带前列腺癌及与Gleason评分的相关性 [J]. 中国医学影像学杂志, 2020, 28 (8): 633-636.
- [9] Perera M, Papa N, Roberts M, et al. Gallium-68 Prostate-specific Membrane Antigen Positron Emission Tomography in Advanced Prostate Cancer-Updated Diagnostic Utility, Sensitivity, Specificity, and Distribution of Prostate-specific Membrane Antigen-avid Lesions: A Systematic Review and Meta-analysis [J]. Eur Urol, 2020, 77 (4): 403-417.
- [10] 李运轩, 郑安琪, 沈聪, 等. (18)F-PSMA-1007 PET/CT全身肿瘤负荷预测前列腺癌血清PSA进展的价值 [J]. 西安交通大学学报: 医学版, 2022, 43 (2): 186-190.
- [11] 徐法仁, 杨南南, 梁铁军, 等. GPC-3、PAP、EPCA-2及联合PSA检测在前列腺癌中的诊断价值 [J]. 广东医学, 2020, 41 (15): 1573-1576.
- [12] 王焰峰, 魏超刚, 张跃跃, 等. 基于PI-RADS v2.1双参数MRI联合前列腺特异性抗原密度对显著性前列腺癌的诊断效能 [J]. 放射学实践, 2021, 36 (10): 1253-1258.
- [13] Stabile A, Giganti F, Rosenkrantz AB, et al. Multiparametric MRI for prostate cancer diagnosis: current status and future directions [J]. Nat Rev Urol, 2020, 17 (1): 41-61.
- [14] 潘敏杰, 祁峰, 承逸飞, 等. 基于bpMRI的前列腺活检对PSA ≤ 20 ng/ml前列腺癌诊断价值的研究 [J]. 中华泌尿外科杂志, 2021, 42 (1): 18-22.
- [15] 刘娜, 卑贵光, 李玉泽, 等. 多高b值扩散加权成像联合T2WI对移行区前列腺癌的诊断价值 [J]. 中国医科大学学报, 2020, 354 (12): 62-67.
- [16] 赵士玉, 谢双双, 郭瑜, 等. 基于表观扩散系数图像影像组学模型对前列腺癌与前列腺增生的鉴别诊断价值 [J]. 中国医学影像学杂志, 2020, 28 (5): 367-371.
- [17] 刘艳, 徐青青, 陆洋, 等. 基于T2WI及ADC图像影像组学模型对前列腺癌和前列腺增生的鉴别诊断价值 [J]. 临床放射学杂志, 2021, 40 (11): 2168-2173.
- [18] 陈健群, 周秀梅, 孙立辉. MRI动态增强扫描联合DTI对前列腺中央区良恶性结节的诊断价值 [J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2019, 17 (1): 48-51.
- [19] 张宏江, 吴昆华, 董彪, 等. MRI纹理分析对移行带前列腺癌与基质型增生结节的鉴别诊断价值 [J]. 实用放射学杂志, 2021, 37 (10): 1560-1563.
- [20] 肖建明, 彭涛, 张仕慧, 等. 基于磁共振纹理及定量分析提高前列腺癌诊断效能的研究 [J]. 实用放射学杂志, 2020, 36 (5): 764-767.
- [21] 肖建明, 牛翔科, 王娜, 等. 双参数纹理分析结合机器学习在高级别前列腺癌中的诊断价值 [J]. 中国医学影像学杂志, 2021, 29 (2): 177-180.
- [22] 张沥, 折霞, 张鑫, 等. 基于机器学习的MRI影像组学鉴别临床显著与非显著前列腺癌 [J]. 国际医学放射学杂志, 2020, 43 (5): 514-519.
- [23] 李凌昊, 胡怡音, 孟广明, 等. 基于深度学习与功能磁共振的人工智能前列腺癌诊断效能 [J]. 中国医学影像学杂志, 2021, 29 (4): 385-389.

(收稿日期: 2022-09-25)

(校对编辑: 朱丹丹)