

· 论著 ·

MR-T<sub>2</sub>WI纹理分析对前列腺中央腺体低信号结节良恶性的鉴别

叶瑞婷 邹玉坚\* 郑晓林 杨沛钦 袁灼彬 李建鹏

东莞市人民医院放射科 (广东 东莞 523000)

**【摘要】目的** 探讨MR-T<sub>2</sub>WI纹理分析鉴别前列腺中央腺体低信号结节良恶性的价值。**方法** 回顾性分析符合纳入标准的28例前列腺癌和80例前列腺增生患者多序列MRI检查,并经组织病理学证实。基于MR-T<sub>2</sub>WI图像勾画三维兴趣区,使用纹理分析软件(Omni-Kinertics GE)提取ROI内一级灰度直方图及二阶纹理特征参数:能量、熵、偏度、峰值、均匀度、平均值和标准差。用统计学方法评估MR-T<sub>2</sub>WI各特征纹理参数在前列腺癌、前列腺T<sub>2</sub>WI低信号增生结节及前列腺T<sub>2</sub>WI混杂偏低信号结节之间的差异。采用受试者工作特征曲线(ROC)和曲线下面积(AUC),评估各参数的诊断效能,并评价定量纹理参数对前列腺癌和前列腺T<sub>2</sub>WI低信号结节的鉴别诊断效能。**结果** MR-T<sub>2</sub>WI图像纹理分析定量参数中,能量、熵、偏度、均匀度和标准差5个参数在前列腺癌组与前列腺增生结节组间的差异具有统计学意义,峰值和平均值于各组间差异无统计学意义。标准差鉴别前列腺癌组与前列腺增生结节组的AUC值为0.832,当截点为0.5804时,其诊断敏感度为68.75%、特异度为89.29%,其效能最高;而熵则同时有较高的敏感度及诊断效能。**结论** MR-T<sub>2</sub>WI纹理分析的部分定量参数有助于前列腺癌与良性前列腺增生T<sub>2</sub>WI低信号病变的鉴别,为两者的鉴别诊断提供客观依据。

**【关键词】** T<sub>2</sub>WI低信号病变; MRI; 纹理分析; 前列腺癌; 前列腺增生

**【中图分类号】** R445.2; R737.25

**【文献标识码】** A

**DOI:**10.3969/j.issn.1009-3257.2022.03.027

A Study of Texture Analysis based on Magnetic Resonance T<sub>2</sub>-Weighted Imaging in Differentiating Benign from Malignant Low Signal Nodules of the Prostatic Central Glandular

YE Rui-ting, ZOU Yu-jian\*, ZHENG Xiao-lin, YANG Pei-qin, YUAN Zhuo-bin, LI Jian-peng.

Department of Radiology, Dongguan People's Hospital, Dongguan 523000, Guangdong Province, China

**Abstract: Objective** To evaluate the values of texture analysis of magnetic resonance (MR) T<sub>2</sub>-weighted imaging (T<sub>2</sub>WI) in differentiating benign from malignant lesions in the central gland of prostate. **Methods** In this study, 28 patients with prostate cancer and 80 patients with prostatic hyperplasia confirmed by histopathology were eligible and retrospectively analyzed with the multi-sequence MRI. The region of interest (ROI) for the lesion in each patient was delineated in T<sub>2</sub>WI. Imaging features were extracted by the texture analysis software (Omni-Kinertics GE) that extracted parameters of the primary gray histogram and secondary texture features, including energy, entropy, skewness, kurtosis, uniformity, meanvalue and standard deviation. Statistical methods were used to compare the differences of MR-T<sub>2</sub>WI texture parameters among prostate cancer, prostate hyperplasia nodules with T<sub>2</sub>WI homogeneous low signal and prostate nodules with T<sub>2</sub>WI heterogeneous low signal. Receiver operating curve(ROC)analysis and the area under the curve (AUC) were used for assessing the diagnostic efficiency of each parameter, and the differential diagnostic ability of quantitative texture parameters between the prostate cancer and prostate hyperplasia nodules with T<sub>2</sub>WI low signal. **Results** In the quantitative parameters of MR-T<sub>2</sub>WI texture analysis, there were statistical significant differences in energy, entropy, skewness, uniformity and standard deviation between groups of prostate cancer and prostate hyperplasia nodules, while kurtosis and meanvalue didn't show significant differences between both groups. For differentiating the prostate cancer from prostate hyperplasia nodules in standard deviation, the AUC was 0.832, which revealed the highest diagnosis efficiency, and the optimal cutoff point was 0.5804, with 68.75% sensitivity and 89.29% specificity. Moreover, entropy had both higher sensitivity and diagnostic efficiency. **Conclusion** Some quantitative parameters of MR-T<sub>2</sub>WI texture analysis were helpful for identifying the prostate cancer and benign prostate hyperplasia nodules with T<sub>2</sub>WI low signal, providing the objective evidence for the differential diagnosis between them.

**Keywords:** Low Signal Nodules on T<sub>2</sub>WI; MRI; Texture Analysis; Prostate Cancer; Prostate Hyperplasia

前列腺增生(benign prostatic hyperplasia, BPH)和前列腺癌(prostate cancer, PCa)是男性泌尿生殖系统最常见的病变。前列腺癌是全球男性发病率仅次于肺癌的第二大癌症,其死亡率位居第五,且发病率逐年上升且呈现年轻化趋势。研究发现,2017年全球共有1334314例前列腺癌新发病例,其中超过1/5发生在美国;接下来是中国,2017年前列腺癌患者144887人。在全球范围内,前列腺癌的发病率从1990年的每十万人30.49人到2017年的37.86人;相对年轻患者(≤64岁)的比例从1990年的23.6%增加到了2017年的27.3%,其中55~64岁组的新增患者最多<sup>[1]</sup>。磁共振多参数成像(multi parameter magnetic resonance imaging,

MPMRI)是像诊断前列腺病变的重要方法,常规MRI分析局限于分析病灶的大小、形状、位置、内部结构、强化模式以及与周围正常组织的关系,或对MRI信号值进行统计鉴别,依赖于个人知识和临床经验,具有较强的主观性和局限性,难以满足临床精准诊断的要求。纹理分析技术是影像组学范畴的重要分析方法,它可以通过量化正常和病理组织内像素灰度值的空间分布的不均匀度和规律性来评估图像信号的不均匀性,从而反映组织病理学水平的微观异质性<sup>[2-4]</sup>。目前,纹理分析已在肺结节的良恶性鉴别、鼻咽癌及肾癌靶向疗效的预测、食管不良生物学特性及乳腺癌、直肠癌疗效对比等疾病的研究中应用<sup>[5]</sup>。本文探讨MR-T<sub>2</sub>WI纹理分析在前列腺良恶性

**【第一作者】** 叶瑞婷,女,主治医师,主要研究方向:CT/MR及乳腺、腹部影像诊断。E-mail: ringye31@126.com

**【通讯作者】** 邹玉坚,男,主任医师,主要研究方向:CT/MR及胸部、腹部影像诊断。E-mail: zouyujian@sohu.com

病变诊断的可行性, 寻求有效、客观、可量化的参数, 为临床提供可靠的诊断依据。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 收集2016年8月至2019年12月共108例行前列腺磁共振成像检查并取得病理结果的病例, 其中前列腺癌有28例, 前列腺增生80例( $T_2WI$ 上病变呈低信号的46例, 混杂偏低信号的36例)。前列腺癌患者组的年龄为59~88岁, 平均年龄( $71.95 \pm 7.11$ )岁; 前列腺增生患者组的年龄为54~88岁, 平均年龄( $72.90 \pm 7.48$ )岁。尿频、尿急、排尿困难为患者主要临床症状, 血清前列腺特异抗原(prostate specific antigen, PSA) $>2.5ng/mL$ 。前列腺癌患者组PSA为4.15~359.01ng/mL, 前列腺增生患者组PSA为3.21~67.44ng/mL。所有患者在MRI检查前未进行前列腺穿刺以及手术、药物治疗或其他处理, 或最后一次活检后相隔至少4周进行术前MRI检查。本研究经过东莞市人民医院伦理委员会审核批准, 检查前均获得患者及其家属同意, 并签署书面知情同意书。

纳入标准: 病灶 $T_2WI$ 以低信号为主。图像清晰, 没有伪影。穿刺活检病理证实前列腺癌或良性前列腺增生, 接受根治性前列腺切除术。没有MRI扫描和增强的禁忌证(如: 肝肾功能不全、植入体内金属物如心脏起搏器等、幽闭恐惧症)。排除标准: MRI检查前患者接受放射治疗、激素治疗、穿刺活检或前列腺电切除术; 病灶太小, 在 $T_2WI$ 图像上无法勾画或不能准确勾画三维兴趣区(ROI)者; 临床、影像及病理资料不全; 前列腺增生合并感染(如脓肿、结核)。

**1.2 MR检查方法** 使用Siemens Skyra 3.0T磁共振扫描仪、腹部相控阵线圈进行检查。所有病例行盆腔MR大范围常规序列扫描及前列腺范围高分辨率扫描。1) 盆腔大范围常规序列扫描: 横轴面TSE- $T_1WI$ , 横轴面TSE- $T_2WI$ 。2) 前列腺范围高分辨率扫描: 横轴面TSE- $T_1WI$ : TR 500ms, TE 13ms, FOV=200mm $\times$ 200mm, 矩阵=256 $\times$ 256, 层厚3mm, 层间距0.3mm。横轴面TSE- $T_2WI$ 及冠状位TSE- $T_2WI$ : TR 4170ms, TE 100ms, FOV=200mm $\times$ 200mm(轴位)、200mm $\times$ 200mm(冠状位), 矩阵=256 $\times$ 256, 层厚3mm, 层间距0.3mm。横轴面DWI: 采用读出方向分段采样EPI序列(readout segmentation of long variable echo-trains, RESOLVE-DWI), b值分别为0、800、1000、2000s/mm<sup>2</sup>。扫描参数: TR/TE 3020ms/67ms, FOV=200mm $\times$ 200mm, 矩阵=256 $\times$ 256, 层厚3mm, 层间距0.3mm, 激励次数NSA 5次, 读出方向分段5, 扫描时间422s。动态增强扫描: 采用三维容积式内插值法屏气检查序列(3D volumetric interpolated breath-hold examination, 3D-VIBE), 轴位扫描, TR/TE 4.8/1.7ms; FOV=260mm $\times$ 260mm, 矩阵=256 $\times$ 256, 层厚3mm, 层间距0.3mm, 每期26层, 动态增强扫描40期, 扫描时间160s。

**1.3 图像处理和纹理分析** 将所有患者的MRI图像以DICOM格式从PACS工作站导出并储存。由两名具有十年以上前列腺

MRI影像诊断经验的放射科医师首先对图像的质量进行评价, 参照 $T_2WI$ 低信号及DWI高信号, 在 $T_2WI$ 图上围绕病灶(包绕癌区或增生结节区, 但不超过病变范围)手动绘制ROI。若同时存在2个或2个以上不相邻病灶或 $T_2WI$ 低信号增生结节灶, 选取最大病灶。利用Omni-Kinertics (GE)软件所选取ROI进行纹理分析, 得到定量参数: 能量(energy)、熵(entropy)、偏度(skewness)、峰值(kurtosis)、均匀度(uniformity)、平均值(mean Value)和标准差(standard deviation)。

**1.4 统计学方法** 统计分析采用SPSS 22.0统计软件, 所有计量资料用( $\bar{x} \pm s$ )表示。先对各组数据进行正态分布检验和方差齐性检验。前列腺癌与前列腺增生结节纹理分析各定量参数比较采用单因素方差分析和独立样本t检验。两位观察者对前列腺癌和增生结节纹理分析定量参数测量差异性分析采用组内相关系数法(intraclass correlation coefficient, ICC, 其中, 0表示不可信, 1表示完全可信, 一般认为信度低于0.4表示信度较差, 大于0.75表示信度良好。应用受试者工作特征曲线(receiver operator characteristic, ROC)分析 $T_2WI$ 图像纹理分析各定量参数鉴别前列腺癌与前列腺增生结节的效能。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 MRI- $T_2WI$ 纹理特征参数在PCa与BPH中的表现** PCa、BPH- $T_2WI$ 低信号结节及BPH- $T_2WI$ 混杂偏低信号结节组间能量、熵、偏度、不均匀度、平均值、标准差6个参数的差异具有统计学意义; 峰值于各组间差异无统计学意义, 见表1。PCa组与BPH组间能量、熵、偏度、均匀度、标准差5个参数的差异具有统计学意义, 峰值和平均值于各组间差异无统计学意义, 见表2。两位观察者对前列腺癌和前列腺增生结节纹理分析定量参数测量有良好一致性, 组内相关系数: 能量ICC: 0.896; 熵ICC: 0.880; 偏度ICC: 0.453; 峰值ICC: 0.865; 均度ICC: 0.849; 平均值ICC: 0.962; 标准差ICC: 0.937。

**2.2 MRI- $T_2WI$ 纹理特征参数在PCa与BPH中的诊断效能** 对上述7个纹理特征参数的诊断效能进行分析, 结果显示: 7个纹理特征参数在两者诊断中的AUC为0.722~0.832, 其中标准差最高, 偏度和不均匀度最低; 在灵敏度方面, 7个纹理特征参数在48.75%~78.75%之间; 在特异度方面, 7个纹理特征介于42.86%~92.86%之间, 见表3、图1~图4。

## 3 讨论

**3.1 前列腺 $T_2WI$ 低信号增生结节及癌结节的病理基础及MRI特征** 前列腺增生结节是在前列腺增生基础上出现的局灶性多中心性的组织病变, 主要出现在增生的中央腺体(由中央带和移行带两者组成)<sup>[6]</sup>, 小部分出现在外周带, 结节通常成团块状, 组织比较致密, 可以与周边结构无明显界限。在病理组织学上, 前列腺增生结节是腺体和基质增生的混合物, 结节内可出现囊性变, 结节的周围可包绕致密的基质和萎缩的腺体<sup>[7]</sup>。孔祥田等<sup>[8]</sup>、Franks<sup>[9]</sup>通过免疫组织化学的研究认为,

表1 前列腺癌组与前列腺增生结节组纹理分析定量参数one-way ANOVA比较

参数	前列腺癌(n=28)	T <sub>2</sub> WI低信号增生结节(n=46)	T <sub>2</sub> WI混杂偏低信号结节(n=34)	F值	P值
能量	0.672±0.233 <sup>*</sup>	0.588±0.196	0.330±0.113 <sup>*</sup>	30.086	0.000
熵	0.959±0.594 <sup>*</sup>	1.196±0.500	1.174±0.539 <sup>*</sup>	47.687	0.000
偏度	0.289±0.597 <sup>*</sup>	0.705±0.943	0.781±0.397 <sup>*</sup>	4.096	0.019
峰值	5.374±5.540	6.023±5.610 <sup>*</sup>	4.733±1.530 <sup>*</sup>	0.740	0.479
均匀度	0.839±0.420 <sup>*</sup>	0.827±0.039	0.709±0.686 <sup>*</sup>	67.751	0.000
平均值	224.63±46.520 <sup>*</sup>	253.671±48.556 <sup>*</sup>	304.650±62.273 <sup>*</sup>	18.690	0.000
标准差	35.145±8.485 <sup>*</sup>	43.521±11.131	89.574±32.589 <sup>*</sup>	71.117	0.000

注: 纹理分析定量参数的显著性检验(单因素方差分析)包括两两检验, 有差异统计学用\*标出(P<0.05)。

表2 PCa组与BPH组纹理分析参数独立样本t检验

参数	PCa(n=28)	BPH(n=80)	t值	P值
能量	0.672±0.233	0.478±0.209	4.095	0.000
熵	0.959±0.594	1.612±0.708	-4.370	0.000
偏度	0.289±0.597	0.737±0.758	-2.834	0.006
峰值	5.374±5.540	5.475±4.396	-0.098	0.922
均匀度	0.839±0.420	0.777±0.079	3.902	0.000
平均值	224.632±46.520	275.337±60.050	1.952	0.165
标准差	35.145±8.485	63.094±32.235	20.514	0.000

表3 PCa组与BPH组纹理分析定量参数ROC

参数	AUC	截点	敏感度(%)	特异度(%)	P值
能量	0.752	0.4036	72.50	67.86	0.0001
熵	0.746	0.4161	73.75	67.86	<0.0001
偏度	0.722	0.4375	68.75	75.00	0.0001
峰值	0.596	0.2161	78.75	42.86	0.1430
均匀度	0.722	0.4161	48.75	92.86	<0.0001
平均值	0.750	0.4054	76.25	64.29	<0.0001
标准差	0.832	0.5804	68.75	89.29	<0.0001

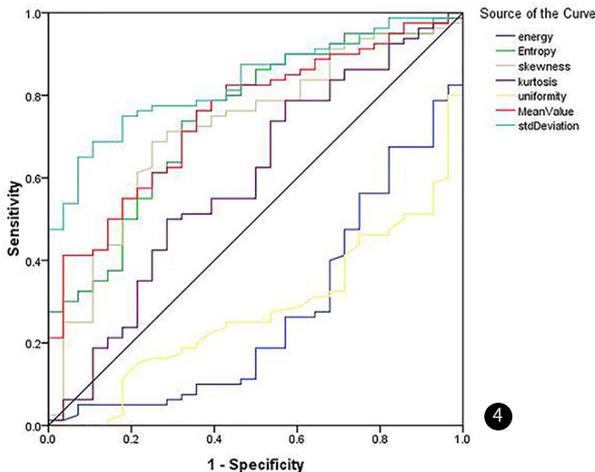


图4 T<sub>2</sub>WI图像纹理分析定量参数鉴别PCa组和BPH组ROC

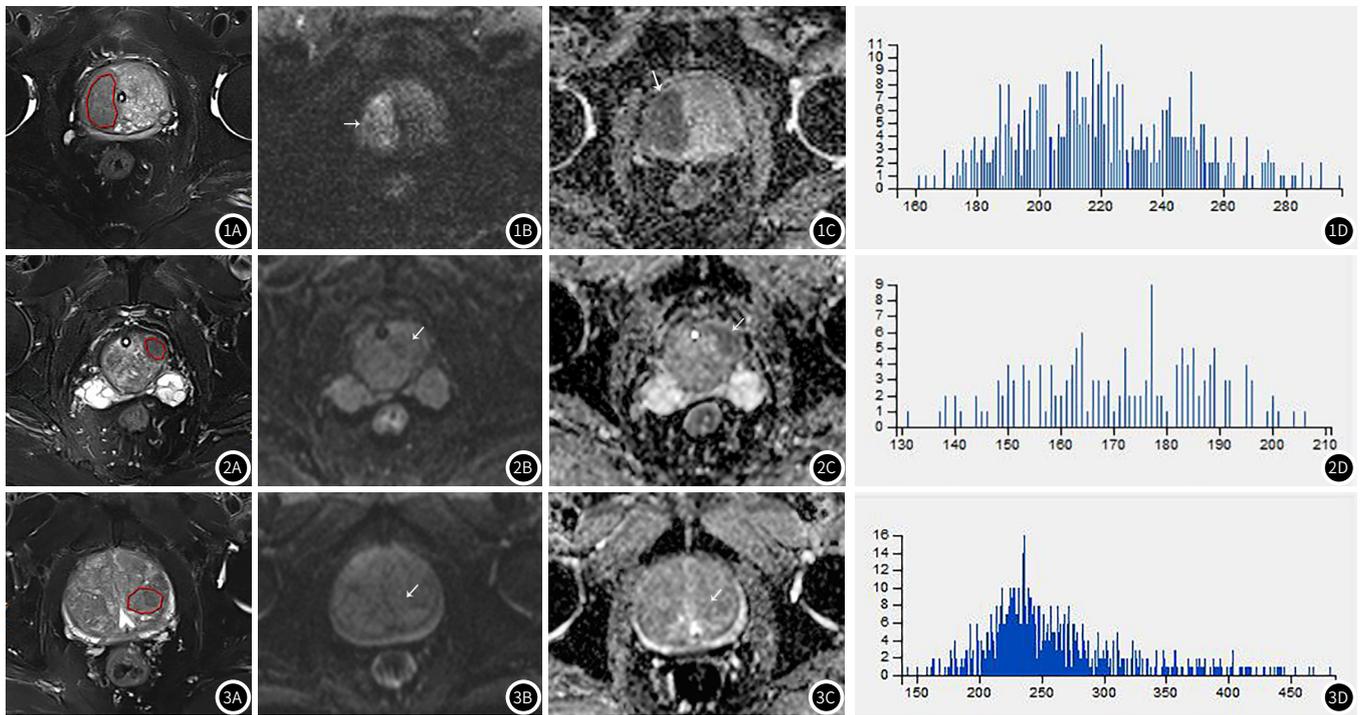
按病理成分不同, 前列腺增生结节应分为5类, 但这5种类型结节在磁共振上很难区分。Ishida等<sup>[10]</sup>结合病理组织通过MR-T<sub>2</sub>WI检查把前列腺增生分为间质增生及非间质增生, 间质增生被定义为腺体成分占前列腺的10%以下, 而非间质增生被定义为腺体成分占前列腺的10%或以上(或腺体体积与总体积的比率大于0.75), 两者在磁共振成像确定组织学类型的准确性为94%。间质增生含纤维基质及平滑肌为主, 腺体成分较少, 其内液体含量低, 故于T<sub>2</sub>WI呈低信号表现; 前列腺癌病变组织内腺体及癌细胞排列致密, 其内黏蛋白和液体的含量明显减少, 在T<sub>2</sub>WI也呈低信号表现; 两者在T<sub>2</sub>WI上难以鉴别。

### 3.2 MR-T<sub>2</sub>WI影像组学在前列腺良恶性病变诊断上的诊断及应用

多参数MRI是前列腺癌诊断最敏感和特异的影像学检

查方法, 也是前列腺癌定位、分期及治疗后评估等的重要影像学手段<sup>[11]</sup>。这些磁共振成像包括T<sub>2</sub>加权成像(T<sub>2</sub>WI)、扩散加权成像(DWI)、动态增强磁共振成像(DCE)以及可以选择性进行的磁共振波谱(MRS)。MR-T<sub>2</sub>WI能提供前列腺及周围组织的高分辨率影像, 对于前列腺癌的诊断具有较高灵敏度、特异度<sup>[12]</sup>。而前列腺间质增生结节与癌结节在T<sub>2</sub>WI上均表现为低信号, 两者难以鉴别。纹理分析是一项图像后处理技术, 可以利用已获得的图像数据进行进一步分析, 它通过量化正常和病理组织内像素灰度值的空间分布的粗糙度和规律性来评估图像信号的不均匀性(在人眼所能理解的范围之内和之外), 并且不需要进行额外的扫描及避免增强扫描造影剂的副作用。不依赖于诊断医生的主观因素, 分析重复性高; 利用医学图像中的宏观异质性可能反映组织病理学水平的微观异质性。纹理分析所得的额外组织异质性数据为基因水平上诊断提供了可能。

本研究基于MR-T<sub>2</sub>WI图, 从108例前列腺T<sub>2</sub>WI低信号病变(癌结节28例、增生结节80例)中提取纹理特征, 以直方图参数对两者进行鉴别。研究纹理参数为能量、熵、偏度、峰值、不均匀度、平均值、标准差, 其中熵为目前研究中最常用的分析参数。能量和熵反映了图像所含信息量的大小, 能量反映图像的均匀性, 感兴趣区内像素强度越均匀, 值越大; 熵主要反映的是图像上纹理的不均匀性或复杂程度, 组织成分复杂、熵值高; 偏度和峰度是直方图不对称性和锐度的度量, 反映病变组织内信号强度的变化率, 变化率大、数值高; 方差和标准差衡量灰度级与平均值的偏离程度, 标准差(SD)是在一个感兴趣区测量关于



**图1** 男, 80岁, 前列腺癌。图1A: 前列腺中央叶T<sub>2</sub>WI低信号肿块; 图1B: DWI (b=1000s/mm<sup>2</sup>) 肿块上呈高信号(白箭); 图1C: ADC图上肿块呈低信号(白箭); 图1D: 肿块内感兴趣区灰度直方图左移、峰度增高。**图2** 男, 77岁, 前列腺增生。图2A: 前列腺中央叶增生结节T<sub>2</sub>WI低信号; 图2B: DWI (b=1000s/mm<sup>2</sup>) 呈等信号(白箭); 图2C: ADC图上肿块呈稍低信号(白箭); 图2D: 增生结节内感兴趣区灰度直方图左移、峰度降低。**图3** 男, 68岁, 前列腺增生。图3A: 前列腺中央叶增生结节T<sub>2</sub>WI混杂偏低信号肿块。图3B: DWI (b=1000s/mm<sup>2</sup>) 肿块上呈等信号(白箭)。图3C: ADC图上肿块呈等信号(白箭)。图3D: 增生结节内感兴趣区灰度直方图右移、峰度增高。

平均值的像素强度的变化, 低SD表示该区域的像素强度感兴趣的是同质的, 高SD表示该区域的像素强度感兴趣的是异质的<sup>[13]</sup>。本研究通过使用纹理分析软件(Omni-Kinertics GE)所提取的7个纹理分析定量参数, 其中5个定量参数(能量、熵、偏度、不均匀度、标准差值)在PCa组和BPH组间差异有统计学意义, 有助于鉴别诊断PCa与BPH; 定量参数能量、不均匀度PCa组数值高于BPH组, 熵、偏度及标准差低于BPH组, 与国内学者许岗等<sup>[14]</sup>研究结果一致。而相应五个参数值在BPH T<sub>2</sub>WI低信号结节及T<sub>2</sub>WI混杂偏低信号结节组间相仿。分析其中相关原因, 可能是: 前列腺癌区域内有大量紧密排列癌变的腺体组织, 黏蛋白和液体的含量明显减少, 组织成分及纹理相对均匀, 熵值、偏度及标准差较低, 而能量值较高; 而前列腺增生结节是腺体和基质增生的混合物, 结节内可出现囊性变, 组织成分及纹理混杂, 熵值、偏度及标准差值较高, 而能量值较低。本研究标准差鉴别PCa组和BPH组的AUC值为0.832, 当截点为0.5804时, 其诊断敏感性为68.75%、特异性为89.29%; 而熵则同时有较高的敏感度及诊断效能。既往有学者研究单独T<sub>2</sub>WI序列诊断PCa的敏感度为56%、特异度为63%<sup>[15]</sup>。本研究结合影像组学方法可进一步提升T<sub>2</sub>WI在鉴别诊断PCa中的价值。近年来, 不少学者结合T<sub>2</sub>WI纹理分析对前列腺病变进行研究。Bate等<sup>[16]</sup>通过对前列腺移行带内前列腺特异性膜抗原的研究, 发现前列腺特异性膜抗原的表达异常与T<sub>2</sub>WI中的纹理改变相关, 为移行带前列腺癌的检出提供了新的依据。Nketiah<sup>[17]</sup>通过纹理分析, 发现T<sub>2</sub>WI-MRI衍生的结构特征与前列腺癌组织的潜在病理生理学相关, 可反映前列腺癌的侵蚀性; 国内学者刘瑶等<sup>[18]</sup>基

于T<sub>2</sub>WI影像组学方法对前列腺癌与前列腺增生的预测, 分析各种方法的灵敏度、特异度、准确率。Sidhu等<sup>[19]</sup>对前列腺移行带进行多参数MRI纹理分析, 发现前列腺癌ADC直方图等峰值及T<sub>1</sub>WI图的熵值明显降低。这些基于MRI图像上的纹理分析研究显示, 影像组学分析方法在前列腺肿瘤鉴别诊断中的效能较高, 且研究中对前列腺良恶性病变的诊断进行了预测性分析, 是磁共振检查方法的额外补充。

本研究不足: (1)本研究受人群代表性的限制, 所得到的结果需经过未来研究的验证; (2)样本量较小, 但研究方法是新兴技术, 结果仍有统计学意义; (3)仅鉴别前列腺良性增生与前列腺癌, 未进行解剖学区分的定位。

综上所述, MRI-T<sub>2</sub>WI纹理分析对前列腺良恶性病变的鉴别诊断及预测具有一定价值, 诊断客观性强, 随着样本量扩大、设备性能提升、算法升级、更多数据的完善, 纹理分析将会广泛应用于临床鉴别诊断中。

### 参考文献

- [1] Zhai Z, Zheng Y, Li N, et al. Incidence and disease burden of prostate cancer from 1990 to 2017: Results from the global burden of disease study 2017 [J]. *Cancer*, 2020, 126 (9): 1969-1978.
- [2] Yi X, Guan X, Chen C, et al. Adrenal incidentaloma: Machine learning-based quantitative texture analysis of unenhanced CT can effectively differentiate sPHEO from lipid-poor adrenal adenoma [J]. *J Cancer*, 2018, 9 (19): 3577-3582.
- [3] 郭翌, 周世崇, 余锦华, 等. 影像组学的前沿研究与未来挑战 [J]. *肿瘤影像学*, 2017, 262 (2): 81-90.
- [4] Ginsburg S B, Zhao J, Humphries S, et al. Texture-based quantification of centrilobular emphysema and centrilobular nodularity in longitudinal CT scans of current and former smokers [J]. *Acad Radiol*, 2016, 23 (11): 1349-1358.

(下转第 84 页)

- [5] 陈国钰, 沈桂权, 高波. 纹理分析在肿瘤影像组学中的临床应用[J]. 贵州医药, 2019, 43(7): 1037-1039.
- [6] Sicklerman E S. Magnetic resonance imaging of the prostate[J]. Semin Roentgenol, 1999, 34(4): 295-312.
- [7] McNeal J. Pathology of benign prostatic hyperplasia. Insight into etiology[J]. Urol Clin North Am, 1990, 17(3): 477-486.
- [8] 孔详田, 曾荔, 夏同礼, 等. 良性前列腺增生中间质结节的免疫组织化学观察[J]. 中华医学杂志, 1999, 79(2): 153-154.
- [9] Franks L M. Benign prostatic hyperplasia of prostate: A review. Ann R Coll Surg Engl, 1953, 14(2): 14: 92-106.
- [10] Ishida J, Sugimura K, Okizuka H, et al. Benign prostatic hyperplasia: value of MR imaging for determining histologic type[J]. Radiology, 1994, 190(2): 329-331.
- [11] 胡高峰, 江小华, 邢杰, 等. 磁共振T<sub>2</sub>WI纹理分析在前列腺癌诊断中的临床价值[J]. 中华内分泌外科杂志, 2019, 13(4): 320-323.
- [12] Hoeks C M, Hambroek T, Yakar D, et al. Transition zone prostate cancer: Detection and localization with 3-T multiparametric MR imaging[J]. Radiology, 2013, 266(1): 207-217.
- [13] Patel N, Henry A, Scarsbrook A. The value of MR textural analysis in prostate Cancer[J]. Clin Radiol, 2019, 74(11): 876-885.
- [14] 许岗, 赵文露, 李梦娟, 等. MR-T<sub>2</sub>WI纹理分析在前列腺癌诊断中初步应用[J]. 医学影像学杂志, 2019, 29(3): 458-462.
- [15] Akin O, Sala E, Moskowitz C S, et al. Transition zone prostate cancers: features, detection, localization and staging at endorectal MR imaging[J]. Radiology, 2006, 239(3): 784-792.
- [16] Bates A, Miles K. Prostate specific membrane antigen PET/MRI validation of MR textural analysis for detection of transition zone prostate cancer[J]. Eur Radiol, 2017, 27(12): 5290-5298.
- [17] Nketiah G, Elschot M, Kim E, et al. T<sub>2</sub>-weighted MRI-derived textural features reflect prostate cancer aggressiveness: Preliminary results[J]. Eur Radiol, 2017, 27(7): 3050-3059.
- [18] 刘瑶, 郑石磊, 刘磐石. 磁共振T<sub>2</sub>WI的影像组学在前列腺癌预测中的临床研究[J]. 航空航天医学杂志, 2020, 31(3): 259-262.
- [19] Sidhu H S, Benigno S, Ganeshan B, et al. Textural analysis of multiparametric MRI detects transition zone prostate cancer[J]. Eur Radiol, 2017, 27(6): 2348-2358.

(收稿日期: 2021-04-23)