



· 论 著 ·

PET/CT和多参数磁共振成像图像纹理分析诊断移行带前列腺癌的价值

刘春利^{1,2}, 石华铮^{1,2}, 刘梦苓^{1,2}, 李笑笑^{1,2}, 张文瑞^{1,2}, 孙 健^{1,2}

1. 上海市全景医学影像诊断(徐汇)中心 PET/CT 室, 上海 200233 ;
2. 上海市全景医学影像诊断(虹口)中心 PET/CT 室, 上海 200437

[摘要] 目的: 探讨运用纹理分析方法分析PET/CT和多参数磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)图像检出移行带前列腺癌的价值。方法: 分析36例移行带前列腺癌患者的¹⁸F-FDG PET/CT图像和T1WI、T2WI和扩散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)图像肿瘤区域和非肿瘤区域的图像纹理。运用 t 检验或非参数Mann-Whitney U 检验比较上述区域图像纹理特征的差异; 用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析方法分别评价各参数检出移行带前列腺癌的效率, 用曲线下面积(area under curve, AUC)表示。结果: 肿瘤区PET/CT和DWI图像的均值(分别为 167.5 ± 17.1 和 76.8 ± 18.3)高于非肿瘤区(分别为 115.3 ± 15.8 和 54.6 ± 10.8), 差异均有统计学意义(P 均 <0.001); 肿瘤区T1WI图像偏度(0.166 ± 0.447)大于非肿瘤区 [$-(0.188 \pm 0.433)$, $P=0.030$]。联合上述3项指标, 检出肿瘤的灵敏度为100.0%, 特异度为93.7%, AUC为0.992 (95% CI: 0.972~1.000)。结论: 基于PET/CT和多参数MRI图像纹理分析可为移行带前列腺癌的有效检出提供可靠的客观依据。

[关键词] 磁共振成像; 前列腺癌; 诊断; 纹理分析

DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2020.01.002

中图分类号: R737.25; R445.2; R445.6 文献标志码: A 文章编号: 2096-6210(2020)01-0006-05

The value of textural-analysis of PET/CT and multiparametric magnetic resonance imaging in the diagnosis of transition zone prostatic tumour LIU Chunli^{1,2}, SHI Huazheng^{1,2}, LIU Mengling^{1,2}, LI Xiaoxiao^{1,2}, ZHANG Wenrui^{1,2}, SUN Jian^{1,2} (1. PET/CT Room of Shanghai Universal Medical Imaging Diagnostic (Xuhui) Center, Shanghai 200233, China; 2. PET/CT Room of Shanghai Universal Medical Imaging Diagnostic (Hongkou) Center, Shanghai 200437, China)

Correspondence to: SHI Huazheng E-mail: 1090830052@qq.com

[Abstract] **Objective:** To evaluate the value of histogram textural-analysis of PET/CT and multiparametric magnetic resonance imaging in the diagnosis of transition zone prostatic tumour. **Methods:** Thirty-six patients with transition zone prostatic tumour were enrolled in the study. ¹⁸F-FDG PET/CT, T1WI, T2WI and DWI images were available for histogram texture analysis. The differences of the image texture of tumour and non-tumour transition zone were analyzed by t test or Mann-Whitney U test. Diagnostic accuracy was assessed by the analysis of area under curve (AUC) of receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results:** The mean of PET/CT and DWI, the skewness of T1WI were significantly higher in tumour (167.5 ± 17.1 , 76.8 ± 18.3 , 0.166 ± 0.447 , respectively) than in non-tumour transition zone (115.3 ± 15.8 , 54.6 ± 10.8 , -0.188 ± 0.433 , respectively) (all $P < 0.05$). Combining these parameters, AUC was 0.992 (95% CI: 0.972-1.000) with 100.0% sensitivity and 93.7% specificity. **Conclusion:** Texture-based detection of transition zone prostatic tumour is feasible on PET/CT and multiparametric MRI.

[Key words] Magnetic resonance imaging; Prostate cancer; Diagnosis; Texture analysis

前列腺癌是老年男性常见疾病之一。随着多参数磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)的运用, 临床早期诊断前列腺癌有了巨大进步。然而, 位于移行带(transition zone,

基金项目: 上海市卫生和计划生育委员会科研课题青年项目(20164Y0014)

通信作者: 石华铮 E-mail: 1090830052@qq.com

TZ)的肿瘤诊断效率仍然不及周围带(peripheral zone, PZ)(灵敏度/特异度为0.53/0.83 vs 0.80/0.97)^[1-2]。近年来,计算机辅助分析医学图像(纹理分析)给临床提供了许多肉眼无法识别的信息,可用于疾病诊断和病理学特征分析^[3-5]。

本研究拟对移行带前列腺癌的多参数MRI[包括T1WI、T2WI和扩散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)]和¹⁸F-FDG PET/CT图像上的肿瘤和非肿瘤区域进行纹理分析,比较各种图像鉴别诊断的效率,分析联合诊断的效果,以期提高临床诊断移行带前列腺癌的效率。

1 资料和方法

1.1 临床资料

收集2017年7月—2019年6月在上海市全景医学影像诊断中心疑诊为前列腺癌而接受前列腺MRI及全身¹⁸F-FDG PET/CT检查的患者。纳入标准:①MRI和¹⁸F-FDG PET/CT图像资料完整,图像质量能用于纹理分析用;②有明确的病理学检查结果,包括穿刺活检和手术后病理学检查;③肿瘤位于移行带。排除标准:①肿瘤位于周围带;②盆腔或腰骶部有金属植入物影响图像质量;③近期前列腺有穿刺或手术史。

1.2 ¹⁸F-FDG PET/CT检查方法

使用德国Siemens公司的Biograph mCT Flow 64 PET/CT扫描仪。检查前空腹6 h以上,并将血糖控制在6.5 mmol/L内。静息平卧15 min后,静脉注射¹⁸F-FDG显像剂10 mCi(1 mCi=37 MBq)。暗光条件下安静休息1 h后,行全身FDG代谢显像及螺旋CT断层显像。显像范围为颅顶部至股骨中上段。每个床位的图像采集时间为3 min,共获得6个床位的扫描显像。使用轴向视野为21.6 cm的高分辨率全身扫描仪获得PET数据。PET图像经衰减校正、迭代重建与CT断层图像融合后进行多幅显示。

1.3 MRI检查方法

采用德国Siemens公司的Skyra 3.0T磁共振扫描机。常规MRI检查序列:①T1WI快速自

旋回波序列(turbo spin echo, TSE),横断面小视野扫描,重复时间(repetition time, TR)/回波时间(echo time, TE)为550 ms/12 ms,层厚3 mm,层距0.6 mm,扫描视野(field of view, FOV)为20 cm×20 cm,矩阵240×320。②横断面T2WI TSE序列,TR/TE为6 500 ms/97 ms,层厚3 mm,层距0.6 mm,FOV为20 cm×20 cm,矩阵256×320。③DWI采用平面回波成像(echo planar imaging, EPI)序列,b值分别为50、400、800 s/mm²,TR/TE为8 800 ms/87 ms,层厚3 mm,层距0.6 mm,FOV为20 cm×17 cm,矩阵85×124。

1.4 图像分析方法

由两名高年资影像学诊断医师根据病理学检查结果,分别在同一患者PET/CT、T1WI、T2WI、DWI对应肿瘤横断面最大层面上勾画感兴趣区(region of interest, ROI),要求尽量包含全部病灶;非肿瘤区ROI选择肿瘤同层图像的非肿瘤区(图1)。

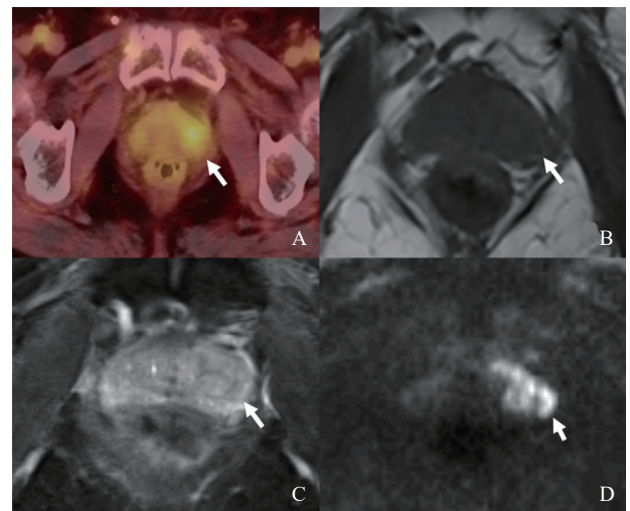


图1 位于移行带的前列腺癌多模态图像

A: ¹⁸F-FDG PET/CT图像; B: T1WI; C: T2WI; D: DWI

ROI的勾画和直方图纹理分析由MaZda软件完成,参数包括峰度、熵、偏度、均值。

1.5 统计学处理

肿瘤区和非肿瘤区各组图像纹理参数的差异分析采用 t 检验(方差齐性数据)或非参数检验Mann-Whitney U 检验(非方差齐性数据), $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

经过上述统计, 筛选出基于PET/CT、T1WI、T2WI和DWI图像, 肿瘤和非肿瘤区纹理特征差异有统计学意义的参数, 用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析方法分别评价各参数在检出移行带前列腺癌方面的效率, 用曲线下面积(area of curve, AUC)表示。根据上述方法筛选出的有统计学意义的参数, 并得到ROC曲线建立的鉴别诊断阈值, 分别用每个参数对每个ROI区域进行诊断分类, 诊断为阳性(肿瘤)记为1分, 最后统计每个病灶的总得分, 再用ROC曲线分析方法评价联合各参数(总得分)在检出移行带前列腺癌方面的效率, 用AUC表示。

2 结 果

最终纳入本研究的移行带前列腺癌患者共36例, 年龄为55~83岁, 中位年龄68.5岁, 共纳入研究病灶36个(当患者出现多个癌灶时, 只选取发生在移行带且长径最大的病灶), 病灶最大径为0.8~3.5 cm, 平均值为(2.2 ± 0.8) cm。

肿瘤区和非肿瘤区的PET/CT、T1WI、T2WI和DWI图像的直方图纹理特征参数见表1, 肿瘤区PET/CT和DWI图像的均值(分别为167.5 ± 17.1和76.8 ± 18.3)高于非肿瘤区(分别为115.3 ± 15.8和54.6 ± 10.8), 差异有统计学意义(P 均<0.001); 肿瘤区T1WI图像偏度(0.166 ± 0.447)大于非肿瘤区

[-(0.188 ± 0.433)], $P=0.030$, 图2]。其余各指标肿瘤区及非肿瘤区差异均无统计学意义。

表1 肿瘤区和非肿瘤区PET/CT和多参数MRI图像纹理特征

项目	肿瘤区	非肿瘤区	P 值
均值			
PET/CT	167.5 ± 17.1	115.3 ± 15.8	<0.001
T1WI	57.2 ± 14.3	56.2 ± 13.3	0.849
T2WI	131.7 ± 22.6	132.1 ± 24.9	0.962
DWI	76.8 ± 18.3	54.6 ± 10.8	<0.001*
偏度			
PET/CT	-0.634 ± 0.756	-0.219 ± 0.593	0.057
T1WI	0.166 ± 0.447	-0.188 ± 0.433	0.030
T2WI	0.179 ± 0.627	0.618 ± 0.803	0.095
DWI	-0.371 ± 0.550	-0.184 ± 0.340	0.227
峰度			
PET/CT	0.857 ± 2.070	0.000 ± 1.060	0.192*
T1WI	-0.297 ± 0.532	-0.376 ± 0.468	0.655
T2WI	0.056 ± 1.060	0.970 ± 2.450	0.669*
DWI	-0.164 ± 1.130	-0.447 ± 0.615	0.356
熵			
PET/CT	50.30 ± 41.90	41.10 ± 26.50	0.403
T1WI	7.88 ± 18.10	4.19 ± 8.19	0.463
T2WI	152.00 ± 187.10	108.90 ± 113.60	0.436
DWI	35.30 ± 48.00	10.10 ± 10.10	0.064*

*: Mann-Whitney U 检验

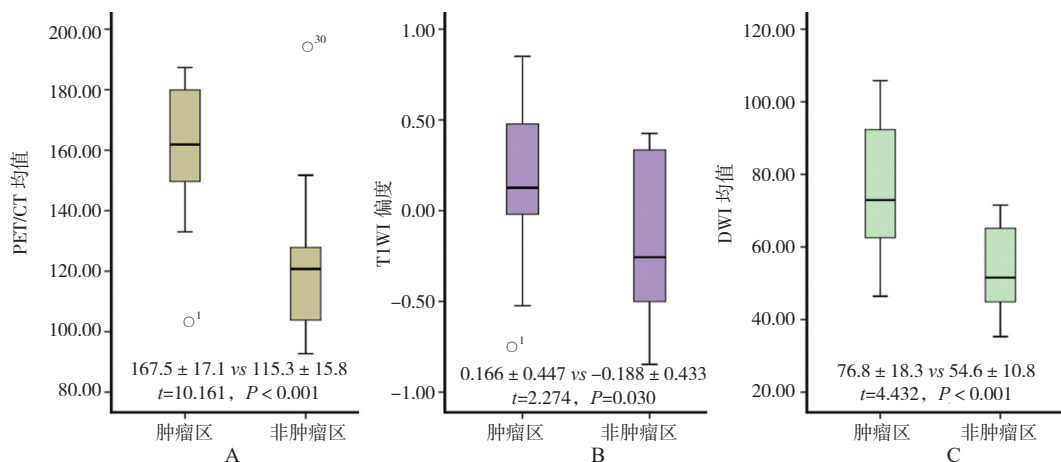


图2 肿瘤区和非肿瘤区相关图像纹理特征参数比较

A: PET/CT图像均值; B: T1WI图像纹理偏度; C: DWI图像均值

经ROC曲线分析，PET/CT均值用于检出肿瘤的灵敏度为93.8%，特异度为81.2%，AUC为0.863（95% CI: 0.709~1.000）；DWI图像的均值检出肿瘤的灵敏度为75.0%，特异度为87.5%，AUC为0.863（95% CI: 0.737~0.989）；T1WI图像的偏度检出肿瘤的灵敏度为87.5%，特异度为68.7%，AUC为0.711（95% CI: 0.522~0.900）。联合上述三指标，检出肿瘤的灵敏度为100.0%，特异度为93.7%，AUC为0.992（95% CI: 0.972~1.000）（图3）。

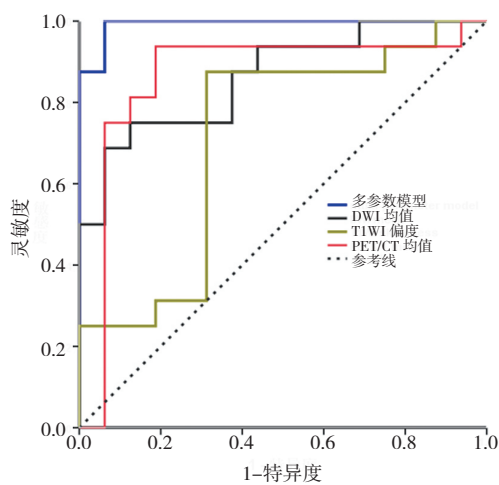


图3 基于PET/CT均值、DWI均值、T1WI偏度及联合多参数模型检出移行带前列腺癌效能的ROC曲线

3 讨论

前列腺癌作为老年男性常见的恶性肿瘤，随着人口老龄化，其发病率越来越高。MRI的软组织分辨率高，同时可以进行多参数MRI（T1WI、T2WI、DWI和增强扫描）检查，在早期前列腺癌的检出和治疗中发挥着重要作用，尤其是发生在外周带的前列腺癌，多参数MRI检出率较高，灵敏度为80%，特异度为97%^[1]。但是，目前的多参数MRI对移行带的前列腺癌检出率相对较低，还需要临床进一步研究以提高检出率。

在本研究中，我们运用直方图纹理特征分析方法，分析了发生于中央移行带的前列腺癌在PET/CT和多参数MRI图像上的直方图纹理特征，通过比较肿瘤区域和非肿瘤区域纹理特征参数

的差异，发现肿瘤和非肿瘤区域PET/CT、DWI图像的均值和T1WI图像的偏度差异有统计学意义。肿瘤区域PET/CT图像的均值大于非肿瘤区域，反映了肿瘤组织的¹⁸F-FDG代谢率高于非肿瘤组织。肿瘤区域DWI图像的均值大于非肿瘤区域，反映了肿瘤组织的水分子扩散受限程度大于非肿瘤组织。而肿瘤区域T1WI图像的偏度大于非肿瘤区域，肿瘤区域的数据分布是右偏度，非肿瘤区域的数据分布为左偏度，反映了肿瘤区域的数据位于均值右边的比位于左边的少，而非肿瘤区域的数据位于均值左边的比位于右边的少。通常T1WI不作为诊断依据，在前列腺癌的鉴别诊断中临床价值有限，但本研究的初步结果显示，肿瘤和非肿瘤组织的某些T1WI图像纹理特征对鉴别诊断有一定的价值，这也从侧面反映了利用图像纹理分析技术得到的图像表面特征信息通常是人类肉眼无法准确判断的，其在疾病鉴别诊断、病理学分级及预后判断中均具有重要的临床实践意义^[6-7]。

恶性肿瘤细胞代谢旺盛，较正常细胞消耗更多的葡萄糖，因而¹⁸F-FDG摄取也较正常细胞多，从而使肿瘤显像^[8]，但其在组织中的摄取没有特异性，肿瘤病灶与正常前列腺组织、前列腺增生会发生重叠摄取，有研究^[9]结果显示，¹⁸F-FDG PET/CT诊断前列腺癌的灵敏度、特异度分别为63.1%和85.1%，其临床应用有一定的局限性。在本研究中，我们运用纹理分析方法，发现位于移行带的肿瘤区域和非肿瘤区域在¹⁸F-FDG PET/CT图像纹理均值特征上存在差异，并以此为检出指标，检出肿瘤的灵敏度和特异度分别为93.8%和81.2%。DWI通过检测水分子的扩散运动，反映组织内的微观结构的细微变化。前列腺肿瘤组织和非肿瘤组织的病理基础不同，前列腺增生组织的水分子扩散受限程度高于正常前列腺组织，但低于前列腺癌。相关研究^[10]报道DWI的信号强度变化对前列腺癌的诊断灵敏度和特异度分别为57%~93%和57%~100%。本研究运用纹理分析，发现位于移行带的肿瘤区域和非肿瘤区域在DWI图像纹理均值特征上存在差异，并以此为检出指标，检出肿瘤的灵敏度和特异度分别为

75.0%和87.5%，与运用DWI的定量指标表现扩散系数的结果类似。而联合运用筛选出来的PET/CT和多参数MRI图像纹理特征，可以较显著地提高移行带前列腺癌的检出率。

本研究的不足之处：① 样本量较小，部分为穿刺活检，在影像学图像与病理学检查报告的匹配过程中可能会存在误差，从而对研究结果产生影响；② 没有将基于图像纹理特征的移行带前列腺癌的检出率与基于定量化指标的检出率进行对照。

总之，本研究发现运用图像纹理分析方法分析PET/CT和多参数MRI图像可有效地检出发生于移行带的前列腺癌，为移行带前列腺癌的检出和诊断提供了新的思路和方法。

[参 考 文 献]

- [1] DELONGCHAMPS N B, ROUANNE M, FLAM T, et al. Multiparametric magnetic resonance imaging for the detection and localization of prostate cancer: combination of T2-weighted, dynamic contrast-enhanced and diffusion-weighted imaging [J]. *BJU Int*, 2011, 107(9): 1411–1418.
- [2] LANGER D L, VAN DER KWAST T H, EVANS A J, et al. Prostate cancer detection with multi-parametric MRI: logistic regression analysis of quantitative T2, diffusion-weighted imaging, and dynamic contrast-enhanced MRI [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2009, 30(2): 327–334.
- [3] DE CECCO C N, GANESHAN B, CIOLINA M, et al. Texture analysis as imaging biomarker of tumoral response to neoadjuvant chemoradiotherapy in rectal cancer patients studied with 3-T magnetic resonance [J]. *Invest Radiol*, 2015, 50(4): 239–245.
- [4] MILES K A, GANESHAN B, HAYBALL M P. CT texture analysis using the filtration-histogram method: what do the measurements mean? [J]. *Cancer Imaging*, 2013, 13(3): 400–406.
- [5] 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.
- [6] 虞芯仪, 耿承军, 冯银波, 等. 基于常规MRI图像的纹理分析对脑膜瘤术前分级的临床价值 [J]. *中华放射学杂志*, 2018, 52(5): 356–362.
- [7] KIM J H, KO E S, LIM Y, et al. Breast cancer heterogeneity: MR imaging texture analysis and survival outcomes [J]. *Radiology*, 2017, 282(3): 665–675.
- [8] HANAHAN D, WEINBERG R A. Hallmarks of cancer: the next generation [J]. *Cell*, 2011, 144(5): 646–674.
- [9] 占冀春, 韦安阳, 吴湖柄, 等. ¹⁸F-脱氧葡萄糖PET-CT显像在前列腺癌诊断中的临床应用 [J]. *中华医学杂志*, 2005, 85(17): 1216–1217.
- [10] TURKBEY B, ALBERT P S, KURDZIEL K, et al. Imaging localized prostate cancer: current approaches and new developments [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2009, 192(6): 1471–1480.

(收稿日期: 2019-10-28 修回日期: 2019-11-12)