

论 著

¹⁸F-FDG PET/CT图像纹理分析用于甲状腺癌临床诊断价值探讨

何 涛 徐 颖* 龚发阔
吴 捷 徐生洋

攀枝花市中心医院 (四川 攀枝花 617067)

【摘要】目的 观察¹⁸F-氟代脱氧葡萄糖(¹⁸F-FDG)正电子发射断层显像与X射线断层扫描(PET/CT)图像纹理参数对甲状腺癌的诊断价值。**方法** 选取2017年4月至2019年3月于本院就诊的甲状腺癌患者49例作为观察组,另选取同期收治的甲状腺癌患者42例作为对照组,两组患者均行¹⁸F-FDG PET/CT显像,分析图像纹理参数(均值、方差、峰度、偏度、能量、熵值),记录病灶的最大标准摄取值(SUV_{max})。**结果** 49例甲状腺癌患者中,39例(79.59%)密度不均匀,34例(69.39%)表现为形态不规则,32例(65.30%)可观察到强化残圈,35例(71.43%)瘤体边缘模糊,28例(57.14%)出现明显钙化。两组患者均值、方差、峰度、偏度、能量比较差异无统计学意义($P>0.05$);观察组患者SUV_{max}、熵值显著高于对照组($P<0.05$);当SUV_{max}=4.92时,SUV_{max}诊断甲状腺癌的敏感性和特异性分别为82.17%、72.14%。当熵值=4.55时,熵值诊断的敏感性和特异性分别为77.50%、74.62%。SUV_{max}与熵值联合诊断的曲线下面积(AUC)大于单一诊断。**结论** ¹⁸F-FDG PET/CT图像纹理特征参数-熵,对甲状腺癌具有一定的诊断价值,熵值与SUV_{max}联合应用可提高甲状腺癌诊断的敏感度和特异度。

【关键词】 正电子发射断层显像技术; X射计算机断层扫描; ¹⁸F-氟代脱氧葡萄糖; 图像纹理分析; 甲状腺癌

【中图分类号】 R335+.2

【文献标识码】 A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2022.09.013

Value of ¹⁸F-FDG PET/CT images texture analysis in the clinical diagnosis of thyroid cancer

HE Tao, XU Ying*, GONG Fa-kuo, Wu Jie, XU Sheng-yang.

Panzhihua Central Hospital, Panzhihua 617067, Sichuan Province, China

ABSTRACT

Objective To observe the diagnostic value of ¹⁸F-fluorodeoxyglucose (¹⁸F-FDG) positron emission tomography/computerized tomography (PET/CT) images texture parameters in thyroid cancer. **Methods** A total of 49 patients with thyroid cancer who were treated in the hospital from April 2017 to March 2019 were enrolled as observation group, while another 42 patients with thyroid tumors who were admitted during the same period were enrolled as control group. Both groups underwent ¹⁸F-FDG PET/CT imaging. The image texture parameters (mean, variance, kurtosis, skewness, energy, entropy) were analyzed. The maximum standard uptake value (SUV_{max}) of lesions was recorded. **Results** Among the 49 patients with thyroid cancer, there were 39 (79.59%) cases with uneven density, 34 (69.39%) cases with irregular morphology, 32 (65.30%) cases with enhanced residual circle, 35 (71.43%) cases with blurred tumor edge and 28 cases (57.14%) cases with significant calcification. There were no significant differences in the mean, variance, kurtosis, skewness and energy between the two groups ($P>0.05$). SUV_{max} and entropy in observation group were significantly higher than those in control group ($P<0.05$). When SUV_{max} was 4.92, its sensitivity and specificity for diagnosis of thyroid cancer were 82.17% and 72.14%, respectively. When entropy value was 4.55, its sensitivity and specificity were 77.50% and 74.62%, respectively. The area under the curve (AUC) of SUV_{max} combined with entropy was greater than that of single index. **Conclusion** ¹⁸F-FDG PET/CT image texture parameter-entropy is of certain diagnostic value for thyroid cancer. The combined application of entropy value and SUV_{max} can improve diagnostic sensitivity and specificity for thyroid cancer.

Keywords: Positron Emission Tomography; X-ray Computed Tomography; ¹⁸F-fluorodeoxyglucose; Image Texture Analysis; Thyroid Cancer

甲状腺癌是常见的内分泌恶性肿瘤。各年龄段均可罹患此病,以青壮年患者居多,女性发病比例高于男性^[1]。流行病学调查显示,我国甲状腺癌患病人数自2000年以来大幅度增加,其发病率居女性恶性肿瘤的第5位^[2]。颈部超声和超声引导下穿刺检查是目前甲状腺癌术前诊断应用最为广泛的方法,但部分患者超声表现不典型,存在误诊的可能^[3]。而CT及MRI技术由于受到含碘组织伪影的影响,对甲状腺癌的诊断具有一定的局限性。正电子发射断层显像与X射线断层扫描(PET/CT)作为新一代核医学检查技术,可以通过观察肿瘤组织与正常甲状腺组织的核素分布对比,实现组织代谢功能影响与解剖结构的有机融合,大大提高了诊断水平^[4]。目前CT征象和标准摄取值(standard uptake value, SUV)是PET/CT诊断常用的参考指标。但由于多种因素的干扰,SUV值无法准确的反映病灶内部信息,因此如何进一步提高PET/CT检查的准确性是临床亟待解决的问题。纹理分析是基于数学算法而对病灶组织内部异质性进行评估的新方法^[5]。该方法能够提取人类肉眼无法分辨的图像细节,经软件分析后实现量化,具有重复性好、标准程度高等优点,近年来成为临床肿瘤研究的热点。本研究旨在探索PET/CT图像纹理参数对甲状腺癌的诊断价值,现汇报如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2017年4月至2019年3月于本院就诊的甲状腺癌患者49例作为观察组,另选取同期收治的甲状腺癌患者42例作为对照组。观察组男性29例,女性20例,年龄21~74岁,平均年龄(38.51±5.23)岁;对照组男性25例,女17例,年龄23~72岁,平均(38.76±5.75)岁。两组患者性别、年龄等一般资料无显著性差异($P>0.05$)。

纳入标准: 经病理检查确诊;甲状腺癌患者随访10个月以上,经治疗后病灶消失或缩小。排除标准: 病例资料不完整者;显像剂过敏者。

1.2 检查方法 采用德国西门子公司生产的Biograph mCT 20PET/CT,日本住友公司生产的HM-10医用回旋加速器生产的¹⁸F,日本住友公司生产的CFN-MPS200多功能合成模块合成¹⁸F-FDG。患者检查前禁食6h,检查前24h禁止服用咖啡、阿司匹林、抗组胺药物及注射升白药物等。

取适量¹⁸F-FDG(5.55MBq/kg)注入肘静脉,嘱咐患者遵医嘱饮水,安静休息1h后排空膀胱行PET/CT显像,扫描范围包括颅顶至股骨上部。CT扫描参数设定如下:管电压120kV,电流170mA,层厚5mm。采用三维模式进行PET扫描,经MMWP后处理工作站重建后完成PET、CT图像的融合,获得横断面、冠状面、矢状面PET/CT图像。

1.3 图像纹理分析 本研究采用通过人工判读的方法进行感兴趣区划定,由2名中级及

【第一作者】 何 涛,男,副主任医师,主要研究方向:核素显像及核素治疗。E-mail: zhiqing711@163.com

【通讯作者】 徐 颖,女,主任医师,主要研究方向:影像医学与核医学。E-mail: runnerht@162.com

以上核医学科医师独立阅片并结合CT图像选取感兴趣区，记录患者病灶的最大标准摄取值(SUV_{max})。将获得的图像数据导入FireVoxel软件，自动分析得到均值、方差、峰度、偏度、能量、熵等纹理参数。

1.4 统计学处理 采用SPSS 23.0统计学软件进行数据分析，计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示，采用t检验，采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线评价SUV_{max}及纹理参数对甲状腺癌的诊断效能， $P < 0.05$ 提示有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者CT征象分析 49例甲状腺癌患者中，39例(79.59%)密度不均匀，34例(69.39%)表现为形态不规则，32例(65.30%)可观察到强化残圈，35例(71.43%)瘤体边缘模糊。28例(57.14%)

出现明显钙化，其中混合型钙化11例(22.45%)，沙粒状钙化15例(30.61%)，囊内钙化性结节9例(21.43%)。

42例甲状腺腺瘤单发28例(66.67%)，多发14例(33.33%)，病灶呈近似的圆形，平扫密度较低，38例(90.47%)边缘光滑，边界清晰，包膜完整。11例(26.19%)瘤体内部钙化。

2.2 两组患者SUV_{max}及纹理参数比较 两组患者均值、方差、峰度、偏度、能量比较差异无统计学意义($P > 0.05$)；观察组患者SUV_{max}、熵值显著高于对照组($P < 0.05$)，见表1。

2.3 SUV_{max}、能量、熵值对甲状腺癌的诊断价值分析 当SUV_{max}=4.92，SUV_{max}诊断甲状腺癌的敏感性和特异性分别为82.17%、72.14%。ROC曲线分析结果显示，联合检测曲线下面积(AUC)分别为0.869，高于单独检测，见表2。

表1 两组患者PET/CT图像纹理参数比较

组别	例数	SUV _{max}	均值	方差	峰度	偏度	能量	熵
观察组	49	7.84±2.21	143.76±50.19	284.22±89.24	0.71±0.18	-0.20±0.07	0.32±0.12	4.92±0.32
对照组	42	4.71±1.48	130.42±46.27	268.41±72.39	0.65±0.15	-0.18±0.06	0.35±0.14	4.58±0.28
t		7.798	1.310	0.918	1.170	1.450	1.101	5.350
P		0.000	0.194	0.361	0.091	0.151	0.274	0.000

表2 SUV_{max}、熵值对甲状腺癌的诊断价值分析

指标	AUC	SE	95%CI	Cut-off值	P值	敏感性	特异性
SUV _{max}	0.816	0.043	0.866~0.956	4.92	<0.01	82.17	72.41
熵值	0.725	0.053	0.621~0.972	4.55	<0.01	77.50	74.62
联合诊断	0.869	0.039	0.793~0.946	-	<0.01	89.12	81.24

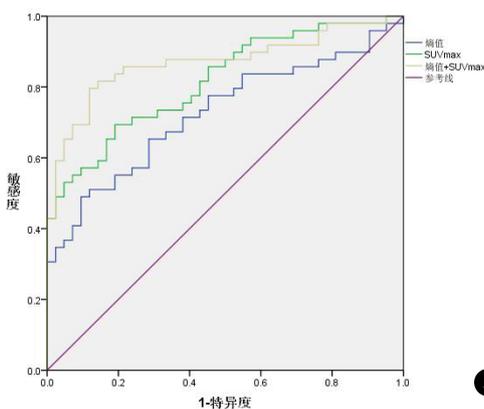


图1 SUV_{max}、熵值对甲状腺癌的诊断ROC曲线分析

3 讨论

近年来，随着人们对甲状腺疾病筛查的重视程度增加和诊断技术的升级，甲状腺病变的检出率逐年攀升，但病变组织良恶性的确诊仍是一个难点^[6]。超声引导下的穿刺抽吸活检技术的应用使甲状腺恶性肿瘤评估的准确率由14%提高到50%左右，具有并发症少、成功率高等优点，但仍有部分患者细胞学特征不显著无法获得确定的结果^[7]。PET/CT是目前临床最成熟、使用最广泛的核医学检查。

郭锐等人^[8]以病理结果为“金标准”，使用¹⁸F-FDG PET/CT和CT平扫对72例同时性多原发癌患者进行诊断，发现¹⁸F-FDG PET/CT病灶检出率显著高于CT平扫，各部位正常组织与病灶组织SUV_{max}值存在统计学差异。叶智轶^[9]对178例碘-131全身显像阴性的甲状腺癌患者行¹⁸F-FDG PET/CT检测，准确率为86.67%，证实¹⁸F-FDG PET/CT是一种较为有效的诊断方法。本研究结果显示，当以SUV_{max}=4.92作为区分甲状腺病变良恶性的诊断阈值时，诊断敏感度为82.17%，特异度为72.41%，与杜晓庆等人^[10]

的结果较为接近。但有学者指出，组织炎症、真菌感染、囊肿等因素可造成¹⁸F-FDG SUV值增加，因此¹⁸F-FDG PET/CT诊断的准确率存在较大波动^[11]。

癌细胞增殖活跃，生长迅速，葡萄糖代谢水平高，因而胞膜葡萄糖转运蛋白含量高于正常水平。¹⁸F-FDG是一种经过标记的葡萄糖类似物，静脉注射进入体内后重新分布，癌细胞摄取¹⁸F-FDG增加，PET/CT根据¹⁸F-FDG的分布情况形成分子水平的显像^[12]。但微血管及细胞密度、组织灌注程度、细胞坏死等等生理参数也对PET图像中像素灰度的差异造成影响，即决定了不同组织图像的异质性^[13]。纹理分析即是利用上述差异描述体系、灰度强弱关系的数学算法，可反映真实图像的固有性质，揭示肿瘤组织内部细微结构的生理变化，从而形成表述特征的量化参数^[14]。近年来，利用纹理分析对肿瘤的诊断、分期及预后预测成为临床研究的热点。张斌等人^[15]对非小细胞肺癌患者纵膈淋巴结¹⁸F-FDG PET/CT检测并进行图像纹理分析发现，淋巴结转移组峰度、能量、熵值于非转移组相比差异有统计学意义，放化疗缓解组的熵值也低于非缓解组，提示纹理参数对肿瘤诊断及化疗效果评价均有一定的应用价值。

本研究筛选了均值、方差、峰度、偏度、能量、熵值共6项纹理参数指标进行分析，结果显示，甲状腺癌患者与甲状腺腺瘤仅在熵值比较有统计学差异，提示熵值是反应甲状腺癌患者显像特征的有效参量。熵值是纹理分析的二阶统计学参数，可反应图像中纹理的非均匀程度。熵值越大，表示纹理复杂程度越高，即图像纹理分布的随机性强。图像的异质性也就越高。甲状腺癌患者熵值高于甲状腺腺瘤患者，图像的异质性高，反应病变部位肿瘤组织生物学行为活跃。而SUV仅反映单个像素内肿瘤代谢信息，熵值的特性正好弥补了SUV所造成的不足。本研究采用灰度共生矩阵提取图像熵值用于甲状腺癌的鉴别诊断，经ROC曲线分析，曲线下面积为0.725，小于SUV_{max}的0.816，提示熵值对于甲状腺癌的诊断效能低于SUV_{max}。当采用二者联合诊断时，诊断的敏感度和特异度均明显提高，说明SUV_{max}、熵值联合诊断能弥补单一参量的不足，大大提高诊断的灵敏度。

综上所述, ^{18}F -FDG PET/CT图像纹理特征参数-熵, 对甲状腺癌具有一定的诊断价值, 熵值与 SUV_{max} 联合应用可提高甲状腺癌诊断的敏感度和特异度。

参考文献

- [1] Han L O, Li X Y, Cao M M, et al. Development and validation of an individualized diagnostic signature in thyroid cancer [J]. Cancer Med, 2018, 7 (4): 1135-1140.
- [2] 戴丹, 查震球, 陈叶纪, 等. 安徽省2010-2013年女性甲状腺癌发病趋势分析 [J]. 现代预防医学, 2018, 45 (1): 57-59.
- [3] 王明辉, 马英路, 崔广和, 等. 细针穿刺细胞学检查和超声弹性成像及超声造影对甲状腺癌的诊断价值 [J]. 中国超声医学杂志, 2018, 11 (3): 1274-1278.
- [4] 贺慧慧, 吴小红, 杜晓庆, 等. ^{18}F -FDG PET/CT Deauville评分和IHP标准在弥漫性大B细胞淋巴瘤疗效评估中的应用 [J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2019, 39 (5): 266-271.
- [5] 郑营营, 徐俊彦, 张建平, 等. ^{18}F -FDG PET/CT纹理分析预测局部晚期直肠癌新辅助化疗疗效的价值 [J]. 中国癌症杂志, 2018, 14 (11): 257-260.
- [6] 宋韞韬, 张彬. 术前细针穿刺细胞学的分子检测在甲状腺癌诊断和治疗中的研究进展 [J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2019, 54 (1): 58-61.
- [7] 冯占武, 丛淑珍, 甘科红, 等. 超声及细针穿刺细胞学检查诊断甲状腺良恶性结节 [J]. 中国超声医学杂志, 2019, 5 (9): 772-775.
- [8] 郭锐, 李因, 王菲, 等. ^{18}F -FDG PET/CT在同时性多原发癌中的应用 [J]. 肿瘤, 2018, 38 (4): 371-378.
- [9] 叶智轶, 马超, 傅宏亮, 等. ^{18}F -FDG PET/CT显像在 ^{131}I 全身显像阴性的分化型甲状腺癌中的应用价值 [J]. 上海交通大学学报 (医学版), 2016, 36 (1): 76-79.
- [10] 杜晓庆, 万卫星. ^{18}F -FDGPET/CT对分化型甲状腺癌的诊断价值 [J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2015, 7 (4): 315-318.
- [11] 郑红娜, 王敬, 朱毅, 等. 胃癌 ^{18}F -FDG PET/CT最大标准摄取值的相关影响因素 [J]. 山东医药, 2018, 58 (9): 68-70.
- [12] 居热提·阿扎提, 热比亚·努力, 娜仁花, 等. 非小细胞肺癌患者血糖浓度和病灶大小对 ^{18}F -FDG PET/CT病灶标准摄取值的影响 [J]. 中国现代医学杂志, 2019, 29 (13): 98-102.
- [13] 古嘉媚, 任云燕, 陈小慧, 等. 肿块型活动性肺结核的 ^{18}F -FDG PET/CT影像表现及其与肺癌的鉴别 [J]. 南方医科大学学报, 2020, 5 (11): 49-55.
- [14] 岳茜, 李俊, 张莉, 等. CT纹理分析在消化系统恶性肿瘤中的应用进展 [J]. 中国医学影像技术, 2019, 35 (3): 451-454.
- [15] 张斌, 马云波, 耿彦方, 等. ^{18}F -FDG PET/CT图像纹理分析在非小细胞肺癌中的应用价值 [J]. 临床放射学杂志, 2019, 7 (10): 129-133.

(收稿日期: 2020-07-25)

《中国CT和MRI杂志》插图规范与要求

医学科研资料经过整理, 计算出各种统计指标后, 所得结果除了用适当的文字说明外, 常用图来表达。这种表达有两个主要特点:

- (1) 表达力强, 易得要领, 便于阅读和理解;
- (2) 对比效果强烈, 便于分析。因此, 图表 (照片图和线条图) 也是医学论文的重要组成部分。论著类和病例报道论文均须附典型病例照片图。以下为本刊对照片图的要求:

一、基本要求

1. 附图要求少而精, 只需选择最具有代表性的图片, 能说明问题即可, 可有可无的图片建议删除。
2. 论著类论文的图片至多12幅, 病例报道文章至多6幅。
3. 清晰度和对比度: 清晰度要求主要显示部位和主要轮廓清晰, 层析分明, 影调适中, 没有杂乱的背景。对比度要求黑白分明, 境界清楚。
4. 一切注释在图外: 除图中原有标注的文字、数字和符号外, 其他一切编号类文字不要直接写在图片上, 应由编辑部对图的编号进行处理, 以便图中文字、符号大小一致, 整体美观。
5. 尺度适度: 为保证图片质量, 一般不采用放大的方法处理图片, 常缩小或原大制图。病理图片建议采用原大方法处理。
6. 一律按插图在正文中出现的先后顺序排列: 统一连续编写序号并使用阿拉伯数字书写。术语一定要与正文中所使用的相一致。需要按文内出现顺序在文中相应处标注“见图X”

二、特殊要求

1. 人体照片: 只需显示必要部位, 但应能看出是人体的哪一部分。颜面或全身照片, 若不需要显示眼部和阴部, 应加遮盖。
2. 实物照片: 涉及尺寸者应与比例尺同时拍照。
3. X照片部位明确, 如照肢体应带一端关节, 胸片应保留肺尖或肋膈角、横膈。
4. 病理照片: 应注明染色方法和放大倍数。确需对病理照片采用方法或缩小方法制版, 需注明所给放大倍数。