

¹⁸F-FDG PET/CT 半定量参数在肾上腺病灶鉴别诊断中的价值

王 运,李林法,庞伟强,易贺庆,龙 斌,叶雪梅

(浙江省肿瘤医院,浙江 杭州 310022)

摘 要: [目的] 探讨 ¹⁸F-FDG PET/CT 半定量参数在鉴别肾上腺病灶中的价值。[方法] 对 90 例疑有肾上腺疾病患者的 ¹⁸F-FDG PET/CT 检查结果进行分析。利用半定量分析法,测量所有病灶的 T/L SUV_{max}、SUV_{max}、肿瘤直径和平均 CT 值,与最终病理结果比较。[结果] 共检出 110 个病灶,其中恶性肾上腺病灶 51 例、良性肾上腺病灶 39 例。恶性肾上腺病灶的平均 T/L SUV_{max} (2.9±1.6)、SUV_{max} (8.3±5.1)、肿瘤直径 (3.1cm±1.6cm) 和平均 CT 值 (31.9±7.0Hu) 较良性病灶的平均 T/L SUV_{max} (0.9±0.5)、SUV_{max} (2.7±1.4)、肿瘤直径 (2.1cm±1.7cm) 和平均 CT 值 (12.1±17.5Hu) 显著升高 (P 均 <0.001)。假阳性 3 例、假阴性 2 例。ROC 曲线分析显示,T/L SUV_{max} >1.15 、SUV_{max} >3.86 、CT 值 >23.5 Hu 和肿瘤直径 >2.35 cm 可作为鉴别良恶性肾上腺病灶的最佳截断值。此最佳截断值的 ROC 曲线下的面积分别为 0.95、0.95、0.84 和 0.76。多变量 Logistic 回归分析表明 T/L SUV_{max}、SUV_{max} 可作为恶性肾上腺病灶的独立诊断因素 ($P<0.001$)。[结论] 当 T/L SUV_{max} >1.15 、SUV_{max} >3.86 时,¹⁸F-FDG PET/CT 在鉴别肾上腺病灶性质中具有较高价值。T/L SUV_{max}、SUV_{max} 均可作为预测恶性病灶的独立因素,且 T/L SUV_{max} 更为客观。

关键词: 肾上腺病灶; 标准化摄取值; ¹⁸F-FDG; 正电子发射型体层摄影术

中图分类号: R730.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-170X(2019)06-0547-05

doi: 10.11735/j.issn.1671-170X.2019.06.B011

The Value of Semi-quantitative Parameters of ¹⁸F-FDG PET/CT in the Differential Diagnosis of Adrenal Lesions

WANG Yun, LI Lin-fa, PANG Wei-qiang, YI He-qing, LONG Bin, YE Xue-mei

(Zhejiang Cancer Hospital, Hangzhou 310022, China)

Abstract: [Objective] To evaluate the value of semi-quantitative parameters of ¹⁸F-FDG PET/CT for the differentiation of malignant from benign adrenal lesions. [Methods] Included 90 patients (58 men and 32 women, age 60.1±11.6 year) who had undergone ¹⁸F-FDG PET/CT for evaluation of 110 adrenal lesions. For semi-quantitative analysis, adrenal to liver (T/L) SUV_{max} ratio, the maximum standardized uptake value (SUV_{max}), tumor diameter and mean CT attenuation value were measured in all lesions and compared with the pathological findings. [Results] A total of 110 lesions were detected, including 51 malignant and 39 benign. Malignant adrenal masses had a significantly higher T/L SUV_{max} ratio (2.9±1.6 vs. 0.9±0.5), a higher mean SUV_{max} (8.3±5.1 vs. 2.7±1.4), a greater tumor diameter (3.1±1.6cm vs. 2.1±1.7cm) and a higher mean CT attenuation value (31.9±7.0Hu vs. 12.1±17.5Hu) than benign lesions ($P<0.001$). There were three false positives and two false negatives. Based on ROC curve analysis, a T/L SUV_{max} ratio >1.15 , an adrenal SUV_{max} >3.86 , an attenuation value >23.5 Hu and a tumor diameter >2.35 cm were chosen as the optimal cut-off values for differentiating malignant from benign adrenal masses. The areas under the ROC curves for the selected cut-off values were 0.95, 0.95, 0.84 and 0.76, respectively. A multivariate logistic regression model revealed that the T/L SUV_{max} and SUV_{max} were an independent prognostic factor for malignancy ($P<0.001$); a CT attenuation value of >23.5 Hu and a tumor diameter >2.35 cm had no additional individual importance in the diagnosis of malignancy. [Conclusion] Using a T/L SUV_{max} ratio >1.15 and an adrenal SUV_{max} >3.86 in ¹⁸F-FDG PET/CT led to high diagnostic sensitivity, accuracy and positive predictive value for characterizing adrenal lesions. T/L SUV_{max} and SUV_{max} could be used as independent predictors of malignancy, however, the T/L SUV_{max} is more objective.

Subject words: adrenal lesion; SUV; ¹⁸F-FDG; positron-emission tomography

原发于肾上腺外的恶性肿瘤中约 50% 的肾上腺

基金项目: 国家卫生计生委科学研究基金-浙江省医药卫生重大科技计划 (WKJ-ZJ-1814)

通信作者: 李林法, 主任, 主任医师, 硕士; 浙江省肿瘤医院核医学科, 浙江省杭州市拱墅区半山 1 号 (310022); E-mail: pet-ct001@163.com

收稿日期: 2018-09-26; **修回日期:** 2019-01-02

腺病灶存在转移, 某些恶性肿瘤患者中也可存在良性肾上腺病灶, 因此, 准确鉴别良性和转移性肾上腺病灶对决定疾病分期、预测预后和决定治疗方案至关重要^[1]。传统的影像学方法, 如腹部 B 超、CT、MRI 等, 在预测肾上腺病灶性质中存在一定的局限性, 亟

需一种新的影像方法来解决这一难题^[2]。由于恶性肿瘤细胞以糖酵解为主,可通过¹⁸F-FDG PET/CT显像来反映病灶内的葡萄糖代谢情况。PET提供的代谢信息不仅能够对传统影像学检查进行补充,而且可以更灵敏、更早期的检出病灶。PET/CT采用视觉分析法来鉴别良恶性肿瘤较主观且不同观察者间存在一定差异,尤其是肾上腺病灶代谢的临界值。有研究表明,T/L SUV_{max} (肾上腺病灶 SUV_{max} 与肝脏 SUV_{max} 比值)较单纯 SUV_{max} 和 SUV_{mean} 更准确可靠,但 T/L SUV_{max} 鉴别良恶性病灶的临界值仍然缺乏大样本数据^[3,4]。本研究探讨¹⁸F-FDG PET/CT 半定量参数在肾上腺病灶鉴别诊断中的价值,探索使用 T/L SUV_{max} 鉴别肾上腺病灶良恶性的可能性,来进一步提高¹⁸F-FDG PET/CT 的诊断价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

分析 2016 年 12 月至 2018 年 2 月在浙江省肿瘤医院 PET/CT 中心行¹⁸F-FDG PET/CT 显像的 90 例患者,其中男性 58 例、女性 32 例,平均年龄 60.1±11.6 岁。常规 CT 显示单侧或双侧肾上腺肿块(单侧 70 例、双侧 20 例)。90 例患者中,52 例已经病理组织学证实为恶性肿瘤(非肾上腺恶性肿瘤),包括:肺癌 28 例、胃癌 6 例、食管癌 5 例、肾癌 4 例、乳腺癌 2 例、肝癌 2 例、卵巢癌 1 例、淋巴瘤 1 例、直肠癌 1 例、睾丸淋巴瘤 1 例和舌癌 1 例,余下的 38 例怀疑恶性肿瘤肾上腺转移。

90 例患者最终均经病理确诊;排除合并糖尿病、严重肝肾功能不全、不配合或检查前准备不足或注药后检查时间超过 60min 患者。

1.2 显像方法及临床质量控制

PET/CT 检查采用 GE 公司 Discovery 710 型 PET/CT 扫描仪,同机 CT 为 64 排螺旋 CT,显像剂为¹⁸F-FDG,¹⁸F-FDG 由上海原子科兴药业有限公司提供,放化纯>95%。患者早晨空腹,空腹时血糖不高于 11.1mmol/L,近期末做过钡餐检查。建立静脉通道后,于肘静脉按 4.8~7.4MBq/kg 静注¹⁸F-FDG,后嘱患者安静休息 60min 后进行检查。患者取仰卧位,双手上举抱头,扫描范围或视野自颅顶至股骨上段。CT 扫描参数:管电压 120kV,管电流 170mA,螺距

0.8,CT 重建层厚 3.0mm。PET 扫描时通常取 7~8 个床位,每个床位 3min。

GE 公司已将 PET 的质量控制做成了程序化模块,只需按要求启动相应程序定期检测即可。图像质量评价:高质量的图像应基本信息显示正确,图像对比度、清晰度良好,无伪影,符合诊断要求。

1.3 图像分析

由两名具有 5 年以上工作经验的核医学科医生对病灶进行半定量勾画分析,包括肾上腺病灶 SUV_{max} 和 T/L SUV_{max} 计算。肾上腺病灶的 SUV_{max} 通过勾画感兴趣区(ROI)来获取,同时为避免部分容积效应,勾画时包含肾上腺病灶中心 2/3 的区域,避免周围组织。肝脏 SUV_{max} 的勾画测量于摄取 FDG 均匀的区域,选取与肾上腺病灶在同一层面的肝右叶,以避免大血管和异常肝实质。T/L SUV_{max} 即肾上腺病灶 SUV_{max} 与肝脏 SUV_{max} 的比值。目前多采用最大标准化摄取值(SUV_{max})大于 2.5 作为阈值,恶性肿瘤的 SUV_{max} 一般大于 2.5,而良性肿瘤的 SUV_{max} 一般小于 2.5。

同时分析 PET/CT 图像中的 CT 数据,腹部原始 CT 数据进行 5mm 薄层重建,密度用 Hu 表示,计算每一个肾上腺病灶的最大直径和平均 CT 值。

1.4 统计学处理

采用 SPSS Statistics 17.0 软件进行统计学分析。定量数据用 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用 Mann-Whitney U 秩和检验分析良恶性肾上腺病灶的 SUV_{max}、T/L SUV_{max}、平均 CT 值和肿瘤直径有无差异;采用 ROC 曲线评估 T/L SUV_{max}、SUV_{max}、平均 CT 值和肿瘤直径对鉴别肾上腺病灶良恶性的能力,并计算出最佳截断值,通过 ROC 曲线下面积比较各项指标的诊断效能;采用多变量 Logistic 回归分析对 T/L SUV_{max}、SUV_{max}、CT 值和肿瘤直径进行评估,依据建立的最佳截断值采用 OR 和 95%CI 预测各指标与恶性病灶的关系。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 病因分布

90 例患者包括恶性肾上腺病灶 51 例、良性肾上腺病灶 39 例,共检出 110 个病灶(单侧 70 例、双侧 20 例)。依据最终病理结果,39 例良性肾上腺病灶包括肾上腺腺瘤 36 例、肾上腺结核 1 例(但为双

侧肾上腺病灶)、肾上腺嗜铬细胞瘤 1 例、肾上腺脂肪瘤 1 例。51 例恶性肾上腺病灶的原发灶包括肺癌 26 例、胃癌 5 例、食管癌 4 例、肾癌 4 例、原发性肾上腺皮质癌 3 例、结直肠癌 3 例、肝癌 2 例、卵巢癌 1 例、淋巴瘤 1 例、睾丸淋巴肉瘤 1 例和舌癌 1 例(部分为双侧肾上腺转移灶)。

2.2 PET/CT 半定量参数比较

恶性肾上腺病灶的 T/L SUV_{max}、SUV_{max}、平均 CT 值和肿瘤直径较良性病灶显著升高(*P*均<0.001)。见 Table 1。

2.3 假阳性与假阴性结果

有 3 例假阳性结果,包括 1 例肾上腺结核、1 例肾上腺腺瘤(Figure 1)和 1 例良性肾上腺嗜铬细胞瘤(Figure 2)。良性肾上腺结核病灶(双侧)¹⁸F-FDG PET/CT 表现为 FDG 高摄取,T/L SUV_{max} 分别为 1.90、2.63,SUV_{max} 分别为 5.16、8.90,CT 值分别为 35Hu、23Hu,将其诊断为恶性,但最终病理为双侧肾上腺结核。肾上腺腺瘤和良性肾上腺嗜铬细胞瘤¹⁸F-FDG PET/CT 也表现为 FDG 高摄取,T/L SUV_{max} 分别为 1.76、1.87,SUV_{max} 分别为 5.98、6.72。

2.4 ROC 曲线分析

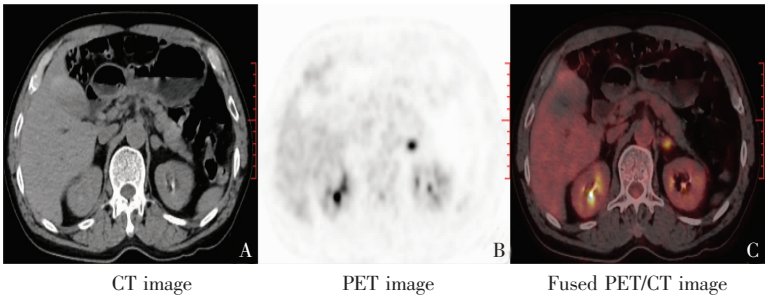
当肾上腺病灶 SUV_{max}>3.86、T/L SUV_{max}>1.15、CT 值>23.5 Hu 和肿瘤直径>2.35 cm 时,鉴别肾上腺肿瘤良恶性的效能最高,可作为最佳截断值。此最佳截断值下的灵敏度、特异性、准确性、阳性预测值和阴性预测值详见 Table 2。相应的 ROC 曲线下面积分别为 0.95 (95%CI:0.90~0.99)、0.95(95%CI:0.91~0.99)、0.84 (95% CI:0.76 ~0.93)、0.76 (95%CI:0.67~0.85)(Figure 3)。肾上腺病灶 SUV_{max} 和 T/L SUV_{max} 曲线下的面积最大,肿瘤直径 ROC 曲线下的面积最低。

2.5 多变量 Logistic 回归分析

对 T/L SUV_{max}、SUV_{max}、CT 值和肿瘤直径进行多变量 Logistic 回归分析,

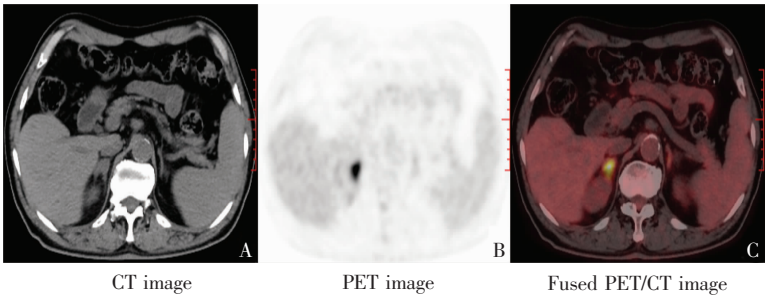
Table 1 Comparison of parameters of ¹⁸F-FDG PET/CT between two groups

Groups	n	T/L SUV _{max}	SUV _{max}	CT value (Hu)	Tumour diameter(cm)
Malignant	51	2.9±1.6	8.3±5.1	31.9±7.0	3.1±1.6
Benign	39	0.9±0.5	2.7±1.4	12.1±17.5	2.1±1.7
Z	—	-7.87	-7.84	-5.96	-4.61
P	—	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001



(Male,73 years old,benign adrenal adenoma,a false positive case diagnosed with lung cancer. The ¹⁸F-FDG PET/CT image shows increased uptake of ¹⁸F-FDG in a left adrenal tumour,the SUV_{max} of the tumour was 5.98 and the attenuation value 45 HU,the liver SUV_{max} was 3.4. The final histopathological diagnosis was benign adrenal adenoma)

Figure 1 The images of patient with benign adrenal adenoma



(Male,65 years old,benign adrenal pheochromocytoma,a false positive case diagnosed with lung cancer. The ¹⁸F-FDG PET/CT image shows increased uptake of ¹⁸F-FDG in a right adrenal tumour,the SUV_{max} of the tumour was 6.72 and the attenuation value 34 HU,the liver SUV_{max} was 3.6. The final histopathological diagnosis was benign adrenal pheochromocytoma)

Figure 2 The images of patient with benign adrenal pheochromocytoma

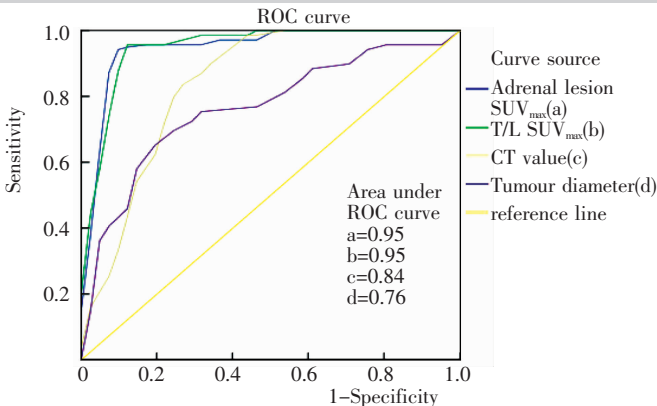


Figure 3 ROC curve for the ability of adrenal SUV_{max}, T/L SUV_{max} ratio,CT value and tumor diameter to predict malignancy

Table 2 The sensitivity, specificity, accuracy, PPV and NPV of the cut-off values

Optimal cut-off values	Sensitivity	Specificity	Accuracy	PPV	NPV
SUV _{max} >3.86	96.1%(49/51)	94.9%(37/39)	95.6%(86/90)	96.1%(49/51)	94.9%(37/39)
T/L SUV _{max} >1.15	96.1%(49/51)	92.3%(36/39)	94.4%(85/90)	94.2%(49/52)	94.7%(36/38)
CT value>23.5Hu	82.4%(42/51)	71.8%(28/39)	77.8%(70/90)	79.2%(42/53)	75.7%(28/37)
Tumour diameter>2.35cm	52.9%(27/51)	84.6%(33/39)	66.7%(60/90)	81.8%(27/33)	57.9%(33/57)

T/L SUV_{max} (OR =294.00, 95% CI: 46.68 ~1851.54; $P < 0.001$), SUV_{max} (OR=453.25, 95% CI: 60.98~3368.95; $P < 0.001$)可作为预测恶性病灶的独立因素,而 CT 值>23.5Hu 和肿瘤直径>2.35cm 尚不能作为预测恶性病灶的独立因素($P > 0.05$)。

3 讨论

¹⁸F-FDG PET/CT 在鉴别肾上腺肿瘤的良好恶性中具有显著优势,其总体的灵敏度、特异性分别为 74%~100%、69%~100%^[5]。然而,以往的大部分研究往往局限于回顾性研究、小样本、或者仅仅基于 PET 图像来分析。此外,这些研究最终诊断大多基于临床或影像学随访,只有少部分研究取得所有病例的病理作为参考标准^[6]。

SUV_{max} 作为 PET/CT 显像中最常用的半定量参数,其高低可用于鉴别良、恶性疾病或提示肿瘤恶性程度的高低。在已发表的研究中,肾上腺 SUV_{max} 的最佳截断值 2.3~3.9 不等^[7]。T/L SUV_{max} 的应用显著提高了 ¹⁸F-FDG PET/CT 的诊断准确性。以肝脏的 SUV_{max} 作为参考,不仅可以使 T/L SUV_{max} 的测量结果更加可靠,而且许多外部的影响因素可以被忽略。不同的 T/L SUV_{max} 最佳截断值(1.0~1.5 不等)鉴别肾上腺病灶良恶性均具有较高的灵敏度,但特异性较低^[8]。Watanabe 等^[9]研究表明,当 T/L SUV_{max}>1.37 时,其鉴别肾上腺病灶良恶性的灵敏度为 96%,特异性为 100%,并且可以较 SUV_{max} 更好地鉴别良性肾上腺腺瘤与肾上腺转移灶。Gratz 等^[10]的研究表明,当 T/L SUV_{max}>1.0 时,¹⁸F-FDG PET/CT 检查与病理组织学评估肾上腺肿瘤的良恶性相关性最高。在我们的研究中,T/L SUV_{max}>1.15 时,相应的灵敏度、准确性和阳性预测值分别为 96.1%、94.4%和 94.2%;肾上腺病灶 SUV_{max}>3.86 时,相应的灵敏度、准确性和阳性预测值分别为 96.1%、95.6%和 96.1%。在肾上腺病灶的鉴别诊断中,T/L SUV_{max} 为

1.15 和 SUV_{max} 为 3.86 时均具有较高的灵敏度、准确性和阳性预测值。此外,尽管引入肝脏 SUV_{max} 作

为参考可以减少 SUV 值测量的影响因素,但这两个参数的灵敏度没有显著差异,T/L SUV_{max} 和 SUV_{max} 均可以作为独立预测恶性肾上腺病灶的因素。在 ROC 曲线分析中,肾上腺病灶 SUV_{max} 和 T/L SUV_{max} 曲线下的面积最大,肿瘤直径的曲线下面积最低。当肿瘤直径>2.35cm 时,相应的灵敏度为 52.9%,准确性为 66.7%,预测恶性肿瘤的能力较低。

¹⁸F-FDG 作为一种非特异性肿瘤显像剂,不仅在大部分肿瘤中可以浓聚,在某些良性病变中也会浓聚,如炎症、感染及外伤等,因此,难免会出现一定的假阳性与假阴性^[11]。在以往的研究中,¹⁸F-FDG PET/CT 假阳性主要见于肾上腺腺瘤、良性嗜铬细胞瘤、内皮囊肿、炎症和感染性病灶,它表明肾上腺腺瘤的功能状态可能是影响 FDG 代谢高低的因素之一,但是在激素分泌过多和葡萄糖代谢中尚缺乏一定的相关性^[12]。有研究发现结核也可以摄取较多的 FDG,从而表现为高代谢,由于代谢与转移灶相似,因而限制了 ¹⁸F-FDG PET/CT 的特异性^[13]。我们的研究发现,一些良性肾上腺病灶中也会摄取 FDG,与以往的研究结果相符。当 T/L SUV_{max}>1.15 时,出现了 3 例假阳性结果:1 例肾上腺结核、1 例肾上腺腺瘤和 1 例良性嗜铬细胞瘤。与结核有关的良性病灶表现为高代谢,尤其是处于活动期的结核病灶,可能与含有大量代谢旺盛的上皮细胞、淋巴细胞及朗格汉斯巨细胞等有关。该例假阳性结果提示我们当鉴别双侧肾上腺肿块时,对于结核好发的地区,要考虑肾上腺结核的可能性。Xi 等^[14]对 19 例行 ¹⁸F-FDG PET/CT 检查且手术病理证实为嗜铬细胞瘤的患者分析发现,11 例良性嗜铬细胞瘤(BPCC)与 8 例恶性嗜铬细胞瘤(MPCC)PET/CT 显像均为阳性;MPCC 的 SUV_{max}(19.40±7.39)明显大于 BPCC 的 SUV_{max}(7.44±4.47)($P < 0.01$)。在以往的研究中,假阴性主要见于肿瘤体积较小(<5mm)、某些对 FDG 低摄取的恶性肿瘤(如肾细胞癌、神经内分泌肿瘤等)和某些伴随出血或坏死的转移灶^[15]。Stone 等^[16]发现假阴性的肾

上腺转移灶可能是在 ^{18}F -FDG PET/CT 显像前对病灶进行了化疗,从而抑制其 FDG 摄取的结果。在本研究中,当 T/L $\text{SUV}_{\text{max}} > 1.15$ 时,出现了 2 例假阴性结果,1 例肺癌伴肾上腺转移,1 例原发性肾上腺皮质瘤, SUV_{max} 分别为 2.83 和 2.42,T/L SUV_{max} 分别为 0.85 和 1.00。其中前者在检查前 3 个月有化疗史,后者肿瘤较大伴坏死。

Brady 等^[17]的研究结果表明,将 CT 值 $> 10 \text{ Hu}$ 和 PET 中的 $\text{SUV}_{\text{max}} > 3.1$ 或 T/L $\text{SUV}_{\text{max}} > 1.0$ 结合起来,明显提高了 PET/CT 鉴别肾上腺肿瘤良恶性的诊断准确性。但该方法也存在一定的局限性。Lang 等^[18]发现仅通过 CT 值来鉴别肾上腺病灶的良恶性会导致过多假阳性和假阴性结果的出现,并且特异性和准确性较低。在我们的研究中,当 CT 值 $> 10 \text{ Hu}$ 时,其鉴别肾上腺肿瘤良恶性的特异性、准确性和阳性预测值分别为 46.2%、76.7%和 70.8%。

在多因素分析中 (T/L SUV_{max} 、 SUV_{max} 、平均 CT 值和肿瘤直径),依据 ROC 曲线分析所得出的最佳截断值,T/L SUV_{max} 、 SUV_{max} 均可作为预测恶性病灶的独立因素。与以往的文献相比^[19],我们的研究中将 SUV_{max} 或 T/L SUV_{max} 和 CT 值联合起来并不能提高鉴别肾上腺肿瘤良恶性的准确性。

综上所述, ^{18}F -FDG PET/CT 半定量参数的使用在鉴别肾上腺病灶的良恶性中具有较高的灵敏度、准确性和阳性预测值。肾上腺病灶 SUV_{max} 和 T/L SUV_{max} 均可作为独立预测恶性病灶的因素,但 T/L SUV_{max} 更为客观。

参考文献:

- [1] Guerin C, Pattou F, Brunaud L, et al. Performance of ^{18}F -FDG PET/CT in the characterization of adrenal masses in noncancer patients: a prospective study [J]. J Clin Endocrinol Metab, 2017, 102(7): 2465–2472.
- [2] Liu H, Huang KX, Bai YH, et al. Malignant adrenal tumors: CT and MRI findings with corresponding pathological basis [J]. J Pract Radiol, 2016, 32 (7): 1077–1080. [刘衡, 黄可忻, 柏永华, 等. 肾上腺恶性肿瘤的 CT、MRI 表现及其病理基础 [J]. 实用放射学杂志, 2016, 32(7): 1077–1080.]
- [3] Kim SJ, Lee SW, Pak K, et al. Diagnostic accuracy of ^{18}F -FDG PET or PET/CT for the characterization of adrenal masses: a systematic review and meta-analysis [J]. Br J Radiol, 2018, 91(1086): 20170520.
- [4] Kim BS, Lee JD, Kang WJ. Differentiation of an adrenal mass in patients with non-small cell lung cancer by means of a normal range of adrenal standardized uptake values on FDG PET/CT [J]. Ann Nucl Med, 2015, 29(3): 276–283.
- [5] Dong A, Cui Y, Wang Y, et al. ^{18}F -FDG PET/CT of adrenal lesions [J]. AJR Am J Roentgenol, 2014, 203(2): 245–252.
- [6] Groussin L, Bonardel G, Silvéra S, et al. ^{18}F -Fluorodeoxyglucose positron emission tomography for the diagnosis of adrenocortical tumors: a prospective study in 77 operated patients [J]. J Clin Endocrinol Metab, 2009, 94 (5): 1713–1722.
- [7] Altinmakas E, Hobbs BP, Ye H, et al. Diagnostic performance of ^{18}F -FDG PET-CT in adrenal lesions using histopathology as reference standard [J]. Abdom Radiol, 2017, 42(2): 577–584.
- [8] Evans PD, Miller CM, Marin D, et al. FDG PET/CT characterization of adrenal nodules: diagnostic accuracy and interreader agreement using quantitative and qualitative methods [J]. Acad Radiol, 2013, 20(8): 923–929.
- [9] Watanabe H, Kanematsu M, Goshima S, et al. Adrenal-to-liver SUV ratio is the best parameter for differentiation of adrenal metastases from adenomas using ^{18}F -FDG PET/CT [J]. Ann Nucl Med, 2013, 27(7): 648–653.
- [10] Gratz S, Kemke B, Kaiser W, et al. Incidental non-secreting adrenal masses in cancer patients: intra-individual comparison of ^{18}F -fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography with computed tomography and shift magnetic resonance imaging [J]. J Int Med Res, 2010, 38(2): 633–644.
- [11] Delivanis DA, Bancos I, Atwell TD, et al. Diagnostic performance of unenhanced computed tomography and ^{18}F -fluorodeoxyglucose positron emission tomography in indeterminate adrenal tumours [J]. Clin Endocrinol, 2018, 88 (1): 30–36.
- [12] Ciftci E, Turgut B, Cakmakcilar A, et al. Diagnostic importance of ^{18}F -FDG PET/CT parameters and total lesion glycolysis in differentiating between benign and malignant adrenal lesions [J]. Nucl Med Commun, 2017, 38(9): 788–794.
- [13] Nakajo M, Jinguiji M, Nakajo M, et al. Texture analysis of FDG PET/CT for differentiating between FDG-avid benign and metastatic adrenal tumors: efficacy of combining SUV and texture parameters [J]. Abdom Radiol, 2017, 42(12): 2882–2889.
- [14] Xi Y, Zhang M, Guo R, et al. Correlation between the degree of malignancy of pheochromocytoma and the maximum standardized uptake value measured by ^{18}F -FDG PET/CT [J]. Chin J Nucl Med and Mol Imaging, 2012, 32 (4): 259–264. [席云, 张敏, 郭睿, 等. ^{18}F -FDG PET/CT 显像 SUV_{max} 与嗜铬细胞瘤恶性程度的相关性探讨 [J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2012, 32(4): 259–264.]
- [15] Wu Q, Luo W, Zhao Y, et al. The utility of ^{18}F -FDG PET/CT for the diagnosis of adrenal metastasis in lung cancer: a prisma-compliant meta-analysis [J]. Nucl Med Commun, 2017, 38(12): 1117–1124.
- [16] Stone WZ, Wymer DC, Canales BK. Fluorodeoxyglucose-positron emission tomography/computed tomography imaging for adrenal masses in patients with lung cancer: review and diagnostic algorithm [J]. J Endourol, 2014, 28 (1): 104–111.
- [17] Brady MJ, Thomas J, Wong TZ, et al. Adrenal nodules at FDG PET/CT in patients known to have or suspected of having lung cancer: a proposal for an efficient diagnostic algorithm [J]. Radiology, 2009, 250(2): 523–530.
- [18] Lang BH, Cowling BJ, Li JY, et al. High false positivity in positron emission tomography is a potential diagnostic pitfall in patients with suspected adrenal metastasis [J]. World J Surg, 2015, 39(8): 1902–1908.
- [19] Park SY, Park BK, Kim CK. The value of adding ^{18}F -FDG PET/CT to adrenal protocol CT for characterizing adrenal metastasis ($\geq 10\text{mm}$) in oncologic patients [J]. AJR Am J Roentgenol, 2014, 202(2): W153–W160.