

## 论 著

## PET/CT联合高b值水分子弥散成像在头颈部肿瘤诊断应用

徐州医学院附属医院医学影像中心  
(江苏 徐州 221006)王 珍 王 琪 邵文静  
徐 凯

**【摘要】目的** 头颈部解剖结构复杂、血供丰富、各类器官密集,单模式影像技术在临床诊断、鉴别诊断上有一定挑战。本研究采用 $^{18}\text{F}$  FDG PET/CT联合MRI高b值DWI成像技术对头颈部肿瘤临床诊断效能进行研究。**方法** 对27例临床诊断头颈部肿瘤患者进行 $^{18}\text{F}$  FDG PET/CT联合MRI高b值DWI成像。先进行PET/CT扫描,然后进行MR常规序列和多b值扫描。分别在工作站计算 $^{18}\text{F}$  FDG PET/CT病灶标准摄取值(standardized uptake value, SUV)与多指数模型(小b值0-200、中b值300-1500和高b值1700-4500s/mm<sup>2</sup>)水分子扩散成像表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)。**结果**  $^{18}\text{F}$  FDG PET/CT和MRI常规扫描序列均能发现患者头颈部病灶。视觉诊断发现头颈部良性病灶在b值大于3000时DWI上病灶信号均消失,而恶性肿瘤病灶均仍呈现高信号。SUV值最大值和平均值在良性和恶性病灶间存在显著性差异( $P<0.03$ ),而多b值扫描中仅高b值ADC平均值存在显著性差异( $P<0.02$ )。SUV值与小、中和高b值的ADC值之间均无明显相关性( $r<0.47$ )。**结论** 高b值DWI成像技术能够帮助对 $^{18}\text{F}$  FDG PET/CT摄取病灶进行良恶性的鉴别。

**【关键词】**  $^{18}\text{F}$  FDG PET/CT; DWI-MR; 多模式分子成像

**【中图分类号】** R739.91

**【文献标识码】** A

**DOI:** 10.3969/j.issn.1672-5131.2015.11.008

通讯作者: 徐 凯

## PET/CT in Combination with High b Value Water Molecules Diffusion Imaging in the Diagnosis of Cerebral and Cervical Tumor

WANG Zhen, WANG Qi, SHAO Wen-jing, et al. Medical Imaging Center, the Affiliated Hospital of Xuzhou Medical College, Xuzhou 221006, Jiangsu Province, China

**[Abstract] Objective** Cerebral and cervical anatomy structure is complex, rich blood supply and various organs, single mode imaging techniques met challenges in clinical diagnosis and differential diagnosis. This research adopts the  $^{18}\text{F}$  FDG PET/CT in combination with MRI high b values DWI imaging of head and neck cancer clinical diagnosis can efficiency were studied. **Methods** A total of 27 cases of clinical diagnosis with head and neck cancer patients accepted  $^{18}\text{F}$  FDG PET/CT in combination with MRI (high b DWI) imaging scan. PET/CT scan first, and then to MR conventional sequence and multi b scan. Respectively in the workstation calculation of  $^{18}\text{F}$  FDG PET/CT lesions standard perturbation values (standardized uptake value, SUV) with single index (0, 1000s/mm<sup>2</sup>) and multiple index model (small b 0-200, middle b 300-1500 and high b, 1700-4500 s/mm<sup>2</sup>) a water molecule diffusion imaging apparent diffusion coefficient (ADC). **Results**  $^{18}\text{F}$  FDG PET/CT and routine MRI scanning sequences were found in patients with head and neck lesions. Visual detection head and neck when b is greater than 3000 s/mm<sup>2</sup> benign lesions DWI lesions on signal can have disappeared, and malignant lesions are present high signal. SUV maximum and average have significant statistical difference between benign and malignant lesions ( $P<0.03$ ), and the number of b scan only high b values exist significant difference ( $P<0.02$ ). No significant correlations were found between SUV and b value of ADC values ( $P<0.47$ ). **Conclusion** The high value of DWI imaging technology can b can help of  $^{18}\text{F}$  FDG PET/CT intake in the identification of benign and malignant lesions.

**[Key words]**  $^{18}\text{F}$  FDG PET/CT; DWI-MR; Multi-modality

头颈部解剖结构复杂、血管丰富、各类器官密集,因此准确对病灶进行解剖定位、精确显示肿瘤及其对邻近组织、结构的侵犯范围对肿瘤早期诊断、鉴别诊断、分期及指导治疗均具有重要的临床价值。PET/CT在提供解剖结构基础上能够显示组织细胞功能代谢、受体活性和基因表达等信息,已经成为临床重要的分子影像设备<sup>[1-2]</sup>。但 $^{18}\text{F}$  FDG缺乏特异性、CT软组织分辨率较低, MRI具有软组织分辨率高、能够提供多参数成像的优点,特别是水分子扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)能够无创性反映活体组织细胞中水分子扩散的信息,从而间接反映组织细胞密度,揭示水分子在组织细胞的运动包括随机扩散和通过细胞膜水通道蛋白转运(Aquaporin, AQP)<sup>[3-5]</sup>;与此同时,高b值(b值大于2000s/mm<sup>2</sup>)能够更早发现病灶,并清晰显示肿瘤范围和肿瘤内部非均一性,有助于提高对肿瘤诊断的准确性<sup>[6-8]</sup>。为此,本研究采用 $^{18}\text{F}$  FDG PET/CT联合常规MR扫描基础上的高b值 DWI技术,以提高 $^{18}\text{F}$  FDG PET/CT对头颈部肿瘤早期诊断、分期准确性,为推动个体化治疗发展提供客观资料。

## 1 资料和方法

**1.1 一般资料** 随机、盲法选择临床诊断明确的27例头颈部肿瘤患者。男性19例、女性8例,年龄(49.57±18.82)岁。受检患者无PET/

CT、MRI成像禁忌症,检查前均未接受穿刺、放化疗及手术,检查后两周内行穿刺活检或者手术治疗并有明确病理结果。所有入组患者均进行血清肿瘤标志物检查。27例患者包括颈部炎性肿块2例、甲状腺乳头状癌1例,颈部转移瘤6例,淋巴瘤9例(非霍奇金淋巴瘤8例,霍奇金淋巴瘤1例),鳞状细胞癌1例,甲状腺腺瘤3例,腮腺混合腺瘤5例。

**1.2 扫描方法** 患者进行 $^{18}\text{F}$  FDG PET/CT后采用专用患者转运床直接移到3.0T MRI进行扫描。采用患者转运床以便对患者位置进行空间配准来提高PET与MR图像融合精度<sup>[9]</sup>。

**1.2.1  $^{18}\text{F}$  FDG PET/CT扫描:** 患者禁食6小时以上,测量空腹血糖,静脉注射 $^{18}\text{F}$  FDG PET/CT(4.0 MBq/kg)后,静卧60分钟后开始进行PET/CT扫描。使用Discovery PET/CT Elite(GE, Waukesha, WI, USA)。扫描范围为:头顶至大腿中部。CT扫描层厚3.75mm,层间距3.27mm,重建算法为FBP(滤波反投影法)。PET扫描层厚3.3mm,层间距3.27mm,重建算法为VUE Point HD+FX。

**1.2.2 MR常规扫描序列和高b值DWI扫描:**扫描设备Discovery MR 750W(GE, Waukesha, WI, USA)。使用头颈线圈,扫描范围:包括整个头颈部。选择扫描序列:T2WI压脂序列、T1WI序列、LAVA Flex序列、多b值DWI序列(RTr Ax DWI mb=18)。b值分别为:0、50、100、150、200;300、500、800、1000、1300、1500、1700、2000、2500、3000、3500、4000和4500s/mm<sup>2</sup>。视野和层间距与T2WI相同,层厚6.6cm。

### 1.3 数据处理

**1.3.1  $^{18}\text{F}$  FDG PET/CT与MR图像配准。**在750W MRI配备

的AW4.6工作站上进行PET/MRI图像融合。使用General Registration软件通过CT和MR常规序列将CT和MR不同模式图像配准,然后进行图像融合和显示。用Volume View软件显示PET/CT的图像融合。并用系统自带软件勾画ROI,阈值设为42%。测量SUV的最大值(SUVmax)和平均值(SUVmean),同时在CT图像上测量病灶的大小。

**1.3.2 两位有经验的PET/CT和MR医师分别阅读PET/CT和MR常规序列+DWI(b值0、1000和3000s/mm<sup>2</sup>),以及MR常规序列+AQP MR图像(高b值)。**

**1.3.3 多指数多b值DWI图像处理:**使用GE公司提供的多指数模型对多b值图像进行处理,在重建出来的双指数衰减模型ADC图像上手工选取感兴趣区(小b值0-200s/mm<sup>2</sup>、中b值300-1500s/mm<sup>2</sup>和高b值1700-4500s/mm<sup>2</sup>)分别计算病灶ADC的最小值(ADCmin)、平均值(ADCmean)和最大值(ADCmax)。高b值获的ADC图作为AQP MR图像。感兴趣区勾画原则:选取病灶最大层面沿着病灶边缘勾画感兴趣区,避开肿块内囊变、出血、坏死区及颈部大血管。

**1.4 数据统计分析** 使用SPSS16.0软件进行统计学分析,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。对良、恶性病灶组的SUV、ADC的比较行两独立样本t检验, $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。用Pearson相关分析法比较单指数、多指数模型ADC(ADCmean、ADCmin和ADCmax)与SUV(SUVmax、SUVmean)之间关系, $r > 0.50$ 作为具有相关性。

## 2 结果

27例患者,10例诊断为良性病灶,其余为头颈部恶性肿瘤病

灶。27例患者头颈部病灶 $^{18}\text{F}$  FDG PET/CT显示均为阳性,MR常规序列均可以清晰显示病灶,经过PET/CT与MR图像配准、融合后发现显示病灶位置一致。两例良性病灶在b值大于3000时DWI图像上病灶信号消失(见图1),而所有恶性肿瘤病灶均呈现高信号,病灶显示清晰(见图2)。

表1为27例头颈部肿瘤患者病灶的SUV值与多指数ADC值统计结果。结果显示良性病灶SUV、ADC值与恶性肿瘤病灶不同,良性和恶性病灶SUV最大值和平均值之间存在显著性差异( $P < 0.03$ ),但是只有在高b值时两者才存在差异( $P < 0.02$ )。

表2为27例头颈部肿瘤患者病灶SUV与ADC值之间相关性分析结果。结果显示SUV与小b值、中b值和高b值计算的ADC值之间无明显相关性( $r = 0.47$ )。

## 3 结论

本研究采用专用患者转运系统实现PET/CT与MR图像精准配准技术,提高了数据的科学性和重复性。研究结果与先前学者的研究结果有一致之处,也有一些新的发现。

$^{18}\text{F}$  FDG PET/CT在头颈部肿瘤诊断有一定的作用,在 $^{18}\text{F}$  FDG的摄取上良、恶性病灶存在明显的统计学差异<sup>[10]</sup>。但是,由于 $^{18}\text{F}$  FDG缺乏特异性,特别是甲状腺瘤对 $^{18}\text{F}$  FDG就有高的摄取率,这样很难与甲状腺癌等恶性肿瘤进行鉴别,利用ADC值的测量有助于肿瘤的鉴别。同时,尽管不同种类的淋巴瘤在 $^{18}\text{F}$  FDG PET上均表现为高摄取,但是我们可以利用CT、MRI对病灶进行定位,准确显示病灶形态、范围,有助于对淋巴瘤进行进一步的的组织学分

表1 27患者头颈部病灶SUV值与多指数ADC值结果

|        | SUV (g/ml) |        | 多指数ADC (b 0-200)                      |        |         | 多指数ADC (b 300-1500)                   |        |        | 多指数ADC (b 1700-4500) |        |        |
|--------|------------|--------|---------------------------------------|--------|---------|---------------------------------------|--------|--------|----------------------|--------|--------|
|        | max        | mean   | (10 <sup>-3</sup> mm <sup>2</sup> /s) |        |         | (10 <sup>-3</sup> mm <sup>2</sup> /s) |        |        | (m <sup>2</sup> /s)  |        |        |
|        |            |        | Average                               | Min    | Max     | Average                               | Min    | Max    | Average              | Min    | Max    |
| 恶性病灶   | 11.02 ±    | 7.03 ± | 7.51 ±                                | 0.95 ± | 59.05 ± | 0.45 ±                                | 0.10 ± | 0.52 ± | 0.30 ±               | 0.02 ± | 0.54 ± |
| (n=20) | 5.62       | 4.14   | 4.47                                  | 1.18   | 29.66   | 0.10                                  | 0.13   | 0.12   | 0.10                 | 0.04   | 0.14   |
| 良性病灶   | 5.10 ±     | 3.20 ± | 9.05 ±                                | 1.82 ± | 52.05 ± | 0.54 ±                                | 0.16 ± | 0.64 ± | 0.15 ±               | 0.03 ± | 0.49 ± |
| (n=7)  | 1.84       | 1.13   | 4.45                                  | 1.66   | 5.44    | 0.16                                  | 0.22   | 0.09   | 0.04                 | 0.04   | 0.19   |
| 良、恶性   | -2.85,     | -2.66, | 0.45,                                 | 0.70,  | -0.75,  | -0.98,                                | 0.36,  | -2.56, | -3.82,               | 0.29,  | -0.35, |
| (T, P) | 0.03       | 0.03   | 0.71                                  | 0.60   | 0.47    | 0.49                                  | 0.77   | 0.15   | 0.02                 | 0.81   | 0.78   |

表2 27例患者头颈部病灶 SUV与多指数模型ADC值之间相关性分析

|             | 多指数ADC (b 0-200) (10 <sup>-3</sup> mm <sup>2</sup> /s) |      |      | 多指数ADC (b 300-1500) (10 <sup>-3</sup> mm <sup>2</sup> /s) |      |      | 多指数ADC (b 1700-4500) (m <sup>2</sup> /s) |       |      |
|-------------|--------------------------------------------------------|------|------|-----------------------------------------------------------|------|------|------------------------------------------|-------|------|
|             | mean                                                   | min  | max  | mean                                                      | min  | max  | mean                                     | min   | max  |
| SUVmax (r)  | 0.35                                                   | 0.36 | 0.24 | 0.42                                                      | 0.02 | 0.21 | 0.45                                     | -0.28 | 0.24 |
| SUVmax (P)  | 0.22                                                   | 0.20 | 0.41 | 0.13                                                      | 0.94 | 0.46 | 0.10                                     | 0.34  | 0.40 |
| SUVmean (r) | 0.40                                                   | 0.41 | 0.23 | 0.43                                                      | 0.06 | 0.21 | 0.47                                     | -0.26 | 0.28 |
| SUVmean (P) | 0.15                                                   | 0.15 | 0.43 | 0.13                                                      | 0.82 | 0.48 | 0.08                                     | 0.38  | 0.34 |

型<sup>[11]</sup>。

DWI技术，特别是高b值DWI有助于提高在头颈部肿瘤诊断特异性，能对PET/CT进行辅助作用。一些研究表明DWI对于头颈部肿瘤诊断和鉴别诊断具有帮助。特别是高b值能够提高病灶与周围组织对比度，提高诊断的准确性<sup>[6-8]</sup>。但是，这些作者均未对高b值提高诊断准确性的分子机理进行深入讨论。最近基础实验研究表明高b值实际上是反映细胞膜AQP功能和数量<sup>[12,13]</sup>。恶性肿瘤时肿瘤细胞膜的AQP表达增高，这样导致ADC值也相应提高。SUV值与小b值、中b值和高b值ADC值无明显的相关性。中b值ADC与SUV之间无密切关系，与其他报道一致<sup>[14,15]</sup>。这主要与SUV是反映细胞对<sup>18</sup>F FDG摄取和细胞内磷酸化激酶功能，而中b值主要反映水分子在细胞间隙和细胞内自由扩散。这两者之间无直接的关系所致。而小b值、高b值与SUV值之间无明显的相关性其机理有待进一步研究。

<sup>18</sup>F FDG PET/CT联合高b值DWI能够提高头颈部肿瘤临床诊断的效能。<sup>18</sup>F FDG PET/CT显像与

高b值DWI图像向结合，降低了<sup>18</sup>F FDG PET/CT显像假阳性。MRI有具有高的软组织分辨率，这样也可以弥补对<sup>18</sup>F FDG PET/CT显像冷结节病灶的检出和进行鉴别诊断。

本研究存在局限性。这些包括病例数少，仅仅27例。对肿瘤未进行再分组统计分析。对病灶组织未进行AQP免疫组化分析。这些将在后续的研究中进一步完善。

综上所述，<sup>18</sup>F FDG PET/CT联合高b值DWI能够提高头颈部肿瘤临床诊断的效能。

参考文献

[1] 郑明发, 赵春雷, 陈自谦. <sup>18</sup>F-FDG PET-CT显像对黑色素瘤患者综合治疗后随访的诊断及其预后的价值. [J]. 中国CT和MRI杂志, 2015, (2): 97-99.

[2] 马威, 肖勇, 陆普选. CT增强及<sup>18</sup>F-FDG PET/CT在判断肺结核球活动性中的价值. [J]. 中国CT和MRI杂志, 2010, 8 (2): 68-70.

[3] Benga G. Water Channel Proteins (Later Called Aquaporins) and Relatives: Past, Present, and Future[J]. IUBMB Life. 2009 ; 61 (2): 112-33

[4] 郭启勇, 辛军, 张新, 等. MRI水扩散加权成像分子机理研究进展[J]. 中国临床医学影像杂志, 2013, 24 (07): 496-500.

[5] 李加慧, 李秋菊, 于兵等. DWI-MRI多b值水通道蛋白分子成像机理和方法学研究[J]. 中国临床医学影像杂志. 2014 ; 25 (3): 186-189.

[6] White NS, McDonald CR, Farid N, et al. Improved conspicuity and delineation of high-grade primary and metastatic brain tumors using “restriction spectrum imaging”: Quantitative comparison with high b-value DWI and ADC [J]. Am J Neuroradiol. 34 (5): 958-977.

[7] Takahara T, Kwee TC. Ultra-high-b-value diffusion-weighted MR imaging for the detection of prostate cancer: evaluation in 201 cases with histopathological correlation[J]. Eur Radiol 2011; 21 (1): 188-196.

[8] Choi SH, Paeng JC, Sohn CH, et al. Correlation of <sup>18</sup>F-FDG uptake with apparent diffusion coefficient ratio measured on standard and high b value diffusion MRI in head and Neck Cancer[J]. J Nucl Med. 2011; 52 (7): 1056-1062.

[9] Gustav K. von S, Felix PK, Philipp K, et al. Clinical positron emission tomography/

- magnetic resonance imaging applications[J]. Seminar in Nucl Med. 2013; 43(1): 3-13.
- [10] 赵伟, 杨志, 王雪鹃. 等. 全身18F-FDG PET-CT显像在甲状腺疾病检测的价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2015, (8): 27-29.
- [11] 陈阿梅, 夏建东, 江新青, 等. 鼻咽癌头颈部淋巴瘤的影像与病理对照分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2011; 9(3): 17-19.
- [12] Niu DF, Kondo T, Nakazawa T, et al. Differential expression of aquaporins and its diagnostic utility in thyroid cancer[J]. PLoS ONE 2012; 7(7): e40770.
- [13] Verkman AS, Hara-Chikuma M, Papadopoulos MC. Aquaporins—new players in cancer biology [J]. Mol Med (Berl), 2008, 86(5): 523-529.
- [14] Gu J, Khong PL, Wang SL, et al. Quantitative assessment of diffusion-weighted MR imaging in patients with primary rectal cancer: correlation with FDG-PET/CT[J]. Mol Imaging Biol. 2011; 13(5): 1020-1028.
- [15] Varoquaux A, Rager O, Lovblad KO, et al. Functional imaging of head and neck squamous cell carcinoma with diffusion-weighted MRI and FDG PET/CT: quantitative analysis of ADC and SUV[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2013; 40(6): 842-852.

(本文图片见封二)

(本文编辑: 谢婷婷)

【收稿日期】2015-10-08

(上接第 6 页)

- [5] 江金带, 李扬彬, 谭理连等. 多层螺旋CT血管造影在颈动脉病变诊断中的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2006, 4(2): 4-6.
- [6] 朱新进, 赵继泉, 曾惠良等. 16层螺旋CT血管成像在颈动脉狭窄诊断中的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2009, 7(1): 12-14.
- [7] 彭磊, 崔巍, 王玉东等. 64层螺旋CTA评价颅颈部动脉狭窄的临床研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2010, 8(1): 17-21.
- [8] Anderson GB, Ashforth R, Steinke DE, et al. CT angiography for the detection and characterization of carotid artery bifurcation disease [J]. Stroke, 2000, 31(21): 2168-2174.
- [9] The North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Steering Committee (NASCET). North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial: 1 methods, patients characteristics and progress. Stroke, 1991, 22(6): 711-720.
- [10] 华扬. 颅颈及外周血管超声[M]. 北京: 人民军医出版社, 2010: 20-21.
- [11] Guan JX, Zhou Qin, et al. The diagnostic accuracy of TCD for intracranial arterial stenosis/occlusion in patients with acute ischemic stroke: the importance of time interval between detection of TCD and CTA. Neurological Research 2013, 35(9): 930-936.
- [12] Roubec, Kuliha, Jonszta, et al. Detection of Intracranial Arterial Stenosis Using Transcranial Color-Coded Duplex Sonography, Computed Tomographic Angiography, and Digital Subtraction Angiography [J]. Ultrasound Med 2011, 30(12): 1069-1075.
- [13] 王桂红. 美国神经病学学会关于经颅多普勒超声治疗及技术评估的报[J]. 中国卒中杂志, 2008, 3(2): 136-147.
- [14] 高山, 黄家星. 经颅多普勒超声的诊断技术与临床应用[M]. 北京: 中国协和医科大学出版社. 2004: 53-62.
- [15] Baumgartner RW, Mattle HP, Schroth G. Assessment of 50% and <50% intracranial stenoses by transcranial color-coded duplex sonography [J]. Stroke, 1999, 30(1): 87-92.
- [16] Nijasri C. Transcranial Doppler Sonography and CT Angiography in patients with atherothrombotic middle cerebral artery stroke [J]. AJNR Am J Neuro radiol, 2002, 23(8): 1353-1355.

(本文编辑: 张嘉瑜)

【收稿日期】2015-10-07