

^{18}F -FDG PET/CT 棕色脂肪摄取的影像学表现(附 34 例报告)

王小松, 王跃涛, 邵小南, 邵晓梁, 牛荣

【摘要】 目的:总结分析 ^{18}F -FDG PET/CT 检查中棕色脂肪组织(BAT)摄取影像学表现的规律和特点。**方法:**回顾性分析行 PET/CT 全身检查的 2219 例受检者的影像资料。**结果:**34 例(1.5%)存在 BAT 摄取,冬春季节的发生率较高,BAT 摄取多出现在双侧颈肩部、锁骨上区、脊柱两侧、纵隔、肾上腺及肾周区等部位的脂肪组织内,平均最大标准摄取值(SUVmax)为 9.6 ± 5.6 。BAT 显影者平均年龄明显低于 BAT 未显影者($t=6.15, P<0.001$),BAT 显影者平均体重指数(BMI)与 BAT 未显影者差异无统计学意义($t=0.93, P=0.35$);不同性别 BAT 显影发生率差异无统计学意义($\chi^2=0.33, P=0.57$),但女性 BAT 显影者 BMI 更低($t=2.33, P=0.03$),女性 BAT 摄取部位数目及 SUVmax 均明显高于男性($t=-2.48, P=0.02; t=-2.33, P=0.03$)。BAT 摄取的 SUVmax 与显影部位数呈正相关($r=0.45, P=0.01$),与 BMI 呈负相关($r=-0.36, P=0.04$)。**结论:**BAT 摄取的影像学表现有一定的特征,适当干预可降低 BAT 显影的发生率,PET/CT 诊断医师应熟悉和掌握 BAT 图像特点,提高诊断水平。

【关键词】 脂肪组织,棕色;正电子发射断层显像术;体层摄影术,X线计算机;脱氧葡萄糖

【中图分类号】 R817.4 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2013)09-0233-04

Imaging characteristics of brown adipose tissue in ^{18}F -FDG PET/CT scans: report of 34 cases and literature review WANG Xiao-song, WANG Yue-tao, SHAO Xiao-nan, et al. PET/CT Center, Affiliated Third Hospital of Soochan University, Jiangsu 213003, P. R. China

【Abstract】 Objective: To investigate the imaging features of ^{18}F -FDG uptake of human brown adipose tissue (BAT) in PET/CT. **Methods:** 2219 patients who underwent whole-body ^{18}F -FDG PET/CT scans from September 2011 to October 2012 were retrospectively reviewed. **Results:** Increased ^{18}F -FDG uptake of BAT was found in 34 patients (1.5%). It was more commonly seen in winter and spring. The distribution of BAT was preferably situated in bilateral neck and shoulder, supraclavicular region, adrenal area and perirenal space as well as both sides of the spine, and mediastinum, where the white adipose tissue was also abundantly accumulated. The average standardized uptake value (SUVmax) of ^{18}F -FDG uptake of BAT was 9.6 ± 5.6 . The mean age of BAT-positive group was significantly younger than that of BAT-negative group ($t=6.15, P<0.001$). There was no significant difference in average body mass index (BMI) and sex between the BAT-positive and negative groups ($t=0.93, P=0.35$ and $\chi^2=0.33, P=0.57$, respectively). However, the female group with increased ^{18}F -FDG uptake of BAT had significantly lower BMI than the BAT-positive male group ($t=2.33, P=0.03$). The number of the sites and SUVmax of ^{18}F -FDG uptake of BAT were significantly greater in women than in men ($t=-2.48, P=0.02$ and $t=-2.33, P=0.03$, respectively). The SUVmax of ^{18}F -FDG uptake was significantly positively correlated with the number of the sites of BAT ($r=0.45, P=0.01$), but was significantly negatively correlated with BMI ($r=-0.36, P=0.04$). **Conclusion:** Increased ^{18}F -FDG uptake of BAT has certain imaging characteristics in PET/CT examinations, which could be reduced by giving an appropriate treatment. In order to increase the diagnostic accuracy, the physicians should be aware of the ^{18}F -FDG uptake of BAT when interpreting a PET/CT film.

【Key words】 Adipose tissue, brown; Positron emission tomography; Tomography, X-ray computed; Deoxyglucose

人体的脂肪组织分为白色脂肪组织(white adipose tissue, WAT)和棕色脂肪组织(brown adipose tissue, BAT),WAT 在人体中主要起保温及贮存能量的作用,BAT 主要的生理功能是消耗能量、产生热量,对体温起重要调节作用^[1]。在 ^{18}F -FDG PET/CT 全身显像中,BAT 可摄取 ^{18}F -FDG 而显影,可能影响对病灶的判断^[2]。本文回顾性分析本中心 2011 年 9 月—2012 年 10 月间 2219 例 PET/CT 受检者的图像

资料,对 BAT 摄取的发生规律、影像学表现进行分析和探讨,旨在增强对 BAT ^{18}F -FDG 摄取的认识,并通过适当干预,减少或避免 BAT 对 ^{18}F -FDG 摄取的发生,提高诊断符合率。

材料与方法

1. 病例资料

搜集 2011 年 9 月—2012 年 10 月在我院行 PET/CT 全身检查的受检者共 2219 例,其中男 1346 例,女 873 例,平均年龄(54.77 ± 12.21)岁。

2. 扫描方法

成像设备为德国 Siemens 公司产 PET/CT Biograph mCT(64)型(52 环 LSO 晶体/64 层螺旋 CT), ^{18}F -FDG 由南京江原安迪科正电子研究发展有限公司提供, 放化纯度 $>95\%$ 。受检者检查前禁食 6 h 以上, 当血糖 $<11\text{ mmol/L}$ 时, 按体重 $4.4\sim 6.7\text{ MBq/kg}$ 静脉注射 ^{18}F -FDG, 让受检者在安静、温暖的休息室静息 50 min 后, 仰卧于检查床上首先行 CT 定位扫描, 管电流 35 mA, 管电压 120 kV, 扫描层厚 0.6 mm, 扫描时间随定位长度变化于 1.5~10.4 s 间; 选取范围后再行 CT 扫描, 管电流 170 mA, 管电压 120 kV, 准直 0.6 mm 或 1.2 mm, 扫描时间根据选取范围长度、螺距及进床速度自动生成; CT 扫描完成后行 PET 扫描, 采集 5~6 个床位, 2.5 分/床位。采用后处理工作站 TureD 系统进行图像重建, 生成横轴面、冠状面及矢状面断层图像及三维投影图像。

3. 图像分析及统计学处理

PET/CT 图像使用视觉和半定量(即测定 SUV)方法进行分析。所有病例图像均由两位副主任医师以上的核医学和放射诊断医师共同分析和确认, BAT 显影判断标准为 ^{18}F -FDG 摄取增高灶在融合图像上对应的解剖部位 CT 值为脂肪密度, 测量 BAT 的最大标准摄取值(maximum standardized uptake value, SUVmax), 记录 BAT 摄取的部位, 记录受检者的性别、年龄、身高、体重, 并计算体重指数(body mass index, BMI)。

采用 SPSS 13.0 统计软件, 统计方法采用描述性统计、 t 检验、相关分析和 χ^2 检验, 以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

2219 例受检者中共发现 34 例(1.5%)存在 BAT 摄取, 平均年龄 (42.09 ± 10.80) 岁明显低于 BAT 未摄取受检者 (54.97 ± 12.13) 岁, $t=6.15$, $P=0.00$, 平均体重指数(BMI)与 BAT 未摄取者比较差异无统计学意义[分别为 $(22.19 \pm 2.66)\text{ kg/m}^2$ 和 $(24.34 \pm 13.50)\text{ kg/m}^2$, $t=0.93$, $P=0.35$]。从 1~12 月, 每月依次有 3、3、4、1、1、0、1、1、0、1、12、7 例 BAT 摄取的受检者, 分别占当月受检总数的 2.8%、1.8%、

1.7%、0.5%、0.5%、0.0%、0.7%、0.5%、0.0%、0.7%、5.1%、3.7%, 不同月份差异有统计学意义($\chi^2=36.92$, $P=0.00$)。

34 例有 BAT 摄取的受检者中, 男性 19 例, 占同期男性受检者的 1.4%(19/1346), 女性 15 例, 占同期女性受检者的 1.7%(15/873), 不同性别 BAT 摄取的发生率差异无统计学意义($\chi^2=0.33$, $P=0.57$)。有 BAT 摄取的男女组间年龄差异无统计学意义[分别为 (42.53 ± 8.25) 岁和 (41.53 ± 13.67) 岁, $t=0.262$, $P=0.80$], 男女组间 BMI 差异有统计学意义[分别为 $(23.08 \pm 2.56)\text{ kg/m}^2$ 和 $(21.07 \pm 2.41)\text{ kg/m}^2$, $t=2.33$, $P=0.03$], 摄取部位数差异有统计学意义(分别为 1.79 ± 0.98 和 2.60 ± 0.91 , $t=-2.48$, $P=0.02$), SUVmax 差异有统计学意义(分别为 7.57 ± 2.39 和 12.19 ± 7.38 , $t=-2.33$, $P=0.03$)。

BAT 摄取多表现为双侧颈肩部、锁骨上区、脊柱两侧、纵隔、肾上腺及肾周区等部位脂肪组织内呈对称性分布的片状、结节状和串珠状高摄取灶(图 1), SUVmax $4.0\sim 31.4(9.6 \pm 5.6)$ 。32 例(94.1%, 32/34)出现双侧颈肩部、锁骨上区对称性摄取, 23 例(67.6%, 23/34)出现脊柱两侧对称性摄取, 10 例(29.4%, 10/34)出现纵隔内摄取, 2 例(5.9%, 2/34)

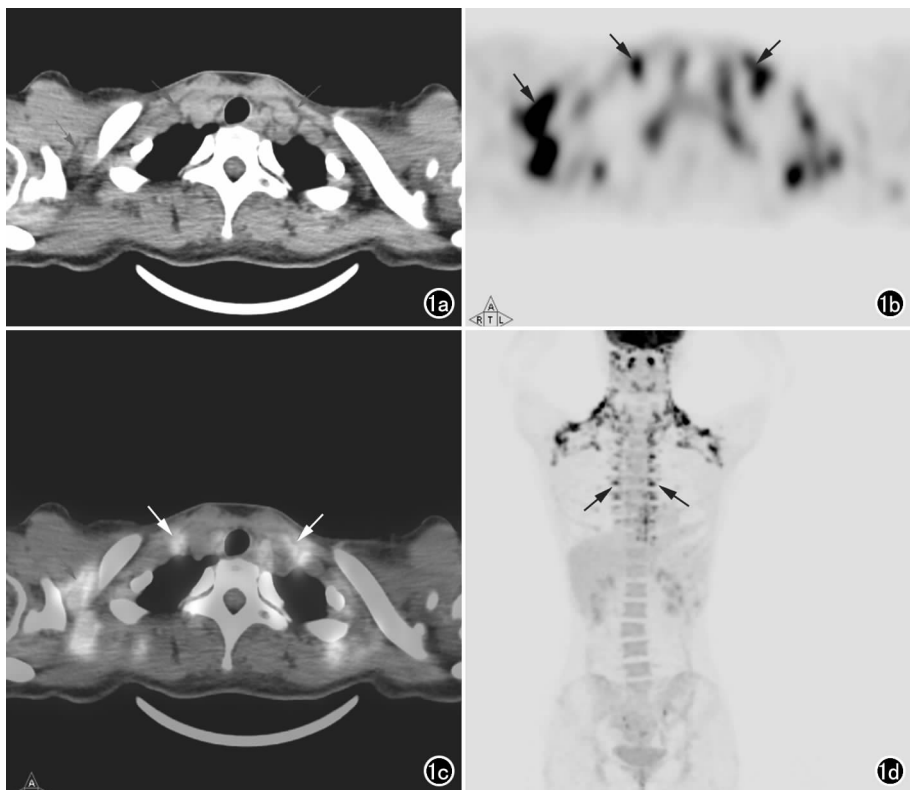


图 1 BAT 对称性摄取。a) CT 图像未见明显异常; b) PET 图像示双侧颈肩部、锁骨上区对称性分布的高摄取灶(箭); c) 融合图像示摄取增高灶对应的解剖部位 CT 值为脂肪组织(箭); d) PET MIP 图示双侧颈肩部、锁骨上区、脊柱两侧等部位呈对称性分布的片状、结节状和串珠状高摄取灶(箭)。

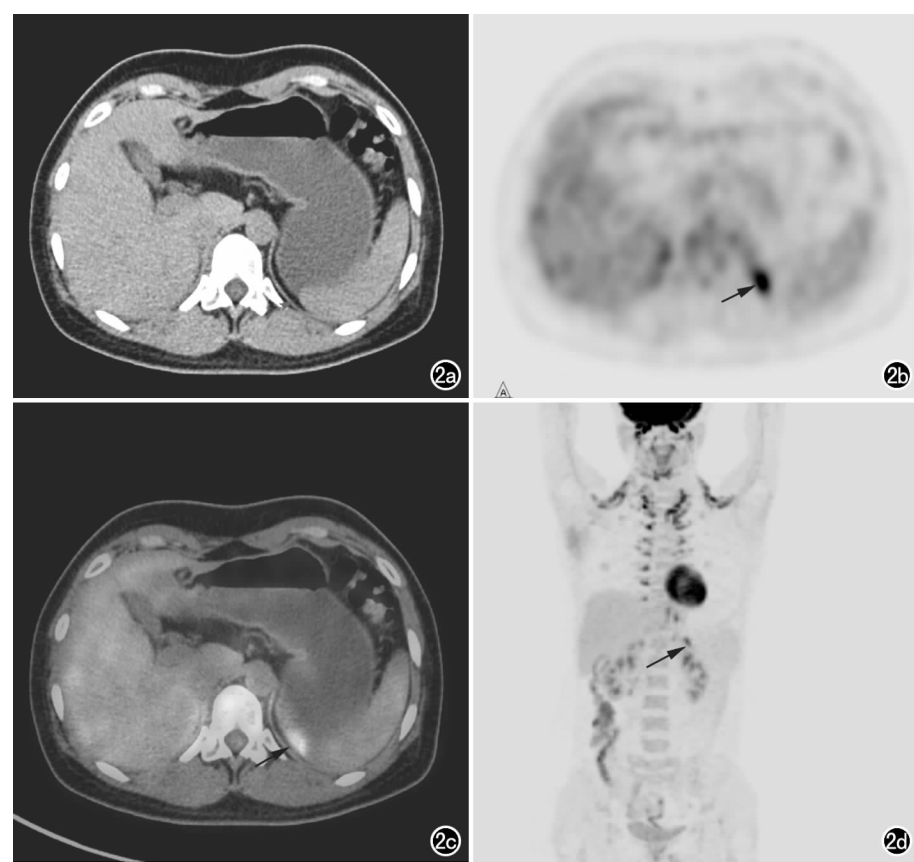


图 2 腹部 BAT 摄取部分表现为非对称性。a) CT 图像未见明显异常；b) PET 图像示腹腔左侧肾上腺上缘非对称性高摄取灶(箭)；c) 融合图像示高摄取灶对应的解剖部位 CT 值为脂肪组织(箭)，相应区域未发现肿大淋巴结或其他新生物；d) PET MIP 图像示锁骨区及脊柱两侧对称性分布的 BAT 摄取(箭)。

出现腹部(主要是肾上腺及肾周区)摄取, 6 例(17.6%, 6/34)出现腋窝摄取。腹部 BAT 摄取部分表现为非对称性(图 2)。出现 BAT 显影的部位数目: 仅 1 个部位摄取的 11 例(32.4%), ≥ 2 个部位摄取的 23 例(67.6%), ≥ 3 个部位摄取的 12 例(35.3%), ≥ 4 个部位摄取的 4 例(11.8%)。BAT 摄取的 SUVmax 与出现的摄取部位数呈正相关($r=0.45, P=0.01$), 即 BAT 显影部位越多, 显影区的 SUVmax 越大; SUVmax 与体重指数呈负相关($r=-0.36, P=0.04$)。

讨 论

BAT 目前尚未有明确的定义, 因其含有大量线粒体和微血管外观呈现棕色而得名; BAT 在一定条件下能氧化脂肪酸而直接产热, 脂质氧化分解过程中糖消耗增加, 从而使 BAT 对葡萄糖类似物 ^{18}F -FDG 的摄取增加而显影^[3]。进食、寒冷、甲状腺激素、性激素等是刺激 BAT 产热的因素^[4-7], Cohade 等^[2]研究结果表明 PET/CT 检查中 BAT 显影的发生率为 2.3%~4.0%。本中心 BAT 显影的发生率较低(1.5%), 与国内研究相仿^[8], 可能与本中心地

处南方, 气候温暖有关; 本组资料发现 1、2、3、11、12 月份 BAT 显影的发生率明显高于其他月份, 可以认为气温较低的冬春季是 BAT 显影的好发季节。本组资料中 BAT 摄取者平均年龄明显低于 BAT 未摄取者, 但 BAT 显影者与未显影者的 BMI 差异无统计学意义, 然而前者的 BMI 低于后者, 即偏瘦者更易出现 BAT 摄取, 与 Cohade 等^[9]的研究结果相符。国内外研究认为, 女性受检者 BAT 出现率高于男性, 因为提高女性激素水平能促进 BAT 摄取 FDG, 而男性激素能强烈抑制 BAT 的产热反应^[10]。本组资料不同性别 BAT 摄取发生率差异无统计学意义, 这可能和本组受检者的构成有一定关系, 但发现女性 BAT 显影者摄取部位数及 SUVmax 均明显高于男性; 本组资料显示女性 BAT 显影者 BMI 更低, BAT 摄取的 SUVmax 与出现摄取的部位数呈正相关($r=0.45, P=0.01$), 即 BAT 显影部位越多, 显影区的 SUVmax 越大, 与文献报道一致^[8,11]。

研究表明, BAT 在人体中主要分布于颈部、肩胛区、腋窝、脊柱两侧、纵隔、肾周、胸腹腔大血管周围等处。BAT 在新生儿中含量最丰富, 但随着年龄的增长其含量明显减少^[12]。本组 BAT 显影 ≥ 2 个部位的 BAT 摄取最常表现为双侧颈肩部、锁骨上区伴有其他一处或多处 BAT 同时显影。BAT 在双侧颈肩部、锁骨上区显影也常被称之为“USA 脂肪”, 并且以这种形式的显影最为常见(94.1%), 其他可见于脊柱两侧、纵隔、肾上腺及肾周区等部位的脂肪组织内, 大部分表现为双侧对称性分布, SUVmax 变化范围大(4.0~31.4)。BAT 显影有时可表现为非对称性放射性浓聚灶, 给诊断造成困难, 可通过同机 CT 融合图像对比, 如浓聚灶定位于脂肪组织中, 并在相应区域未发现肿大淋巴结或其他新生物, 则可明确判定为 BAT 而避免假阳性的发生。

一些干预措施可以抑制 BAT 活性, 从而减少甚至消除其对 ^{18}F -FDG 的摄取: ①控制环境温度, 尤其在冬春季, 应对注射室、休息室的环境温度保持在 22°C ~ 25°C ^[13]; ②药物干预, 在静脉注射 ^{18}F -FDG 前让受检者服用普萘洛尔、安定或芬太尼, 抑制交感神经活性,

可有效减少 BAT 对¹⁸F-FDG 的摄取^[14],美国核医学协会制定的 PET/CT 肿瘤显像操作程序指南中也推荐使用普萘洛尔或安定来减少 BAT 或肌肉对 FDG 的摄取^[15];③检查前介绍检查流程、进行心理安慰等可避免受检者精神紧张,减少对交感神经的刺激,可降低 BAT 显影的发生概率^[16]。

总之,PET/CT 诊断医师应熟悉和掌握常见的 BAT 显影特点,采取适当干预措施降低 BAT 显影发生率,对不典型的 BAT 显影,应认真细心分析,降低或避免因 BAT 显影而出现假阳性诊断的发生率。

参考文献:

- [1] Cinti S. Transdifferentiation properties of adipocytes in the adipose organ[J]. Am J Physiol Endocrinol Metab, 2009, 297(5): 977-986.
- [2] Cohade C, Osman M, Pannu HK, et al. Uptake in supraclavicular area fat("USA-fat"); description on ¹⁸F-FDG PET/CT[J]. J Nucl Med, 2003, 44(2): 170-176.
- [3] Tatsumi M, Engles JM, Ishimori T, et al. Intense ¹⁸F-FDG uptake in brown fat can be reduced pharmacologically[J]. J Nucl Med, 2004, 45(7): 1189-1193.
- [4] Bachman ES, Dhillon H, Zhang CY, et al. β -AR signaling required for diet-induced thermogenesis and obesity resistance[J]. Science, 2002, 297(5582): 843-845.
- [5] Penicaud L, Cousin B, Leloup C, et al. The autonomic nervous system, adipose tissue plasticity, and energy balance[J]. Nutrition, 2000, 16(10): 903-908.
- [6] Silva JE, Bianco SD. Thyroid-adrenergic interactions: physiological and clinical implications[J]. Thyroid, 2008, 18(2): 157-165.
- [7] Rodriguez AM, Monjo M, Roca P, et al. Opposite actions of testos-

terone and progesterone on UCP1 mRNA expression in cultured brown adipocytes[J]. Cell Mol Life Sci, 2002, 59(10): 1714-1723.

- [8] 张建,程超,左长京,等. ¹⁸F-FDG PET/CT 棕色脂肪摄取的影像学分析[J]. 放射学实践, 2012, 27(1): 96-99.
- [9] Cohade C, Mourtzikos KA, Wahl RL. "USA-Fat": prevalence is related to ambient outdoor temperature evaluation with ¹⁸F-FDG PET/CT[J]. J Nucl Med, 2003, 44(8): 1267-1270.
- [10] Dobert N, Menzel C, Hamscho N, et al. A typical thoracic and supraclavicular FDG up-take in patients with Hodgkin's and non-Hodgkin's lymphoma[J]. Q J Nucl Med Mol Imaging, 2004, 48(1): 33-38.
- [11] Cronin CG, Prakash P, Daniels GH, et al. Brown fat at PET/CT: correlation with patient characteristics[J]. Radiology, 2012, 263(3): 836-842.
- [12] Nedergaard J, Bengtsson T, Cannon B. Unexpected evidence for active brown adipose tissue in adult humans[J]. Am J Physiol Endocrinol Metab, 2007, 293(2): 444-452.
- [13] Christensen CR, Clark PB, Morton KA. Reversal of hypermetabolic brown adipose tissue in ¹⁸F-FDG PET imaging[J]. Clin Nucl Med, 2006, 31(4): 193-196.
- [14] Gelfand MJ, Ohara SM, Curtwright LA, et al. Pre-medication to block ¹⁸F-FDG uptake in the brown adipose tissue of pediatric and adolescent patients[J]. Pediatr Radiol, 2005, 35(10): 984-990.
- [15] Delbeke D, Coleman RE, Guiberteau MJ, et al. Procedure guideline for tumor imaging with ¹⁸F-FDG PET/CT 1.0[J]. J Nucl Med, 2006, 47(5): 885-895.
- [16] Arch JR, Ainsworth AT, Cawthorne MA, et al. Atypical beta-adrenoceptor on brown adipocytes as target for anti-obesity drugs[J]. Nature, 1984, 309(5964): 163-165.

(收稿日期:2012-11-29 修回日期:2012-03-04)

《中国医学创新》杂志 2013 年征订函

《中国医学创新》杂志是中华人民共和国卫生部主管,《中国医学创新》杂志社编辑出版的国家一类医学科技综合性学术期刊。本刊已被万方数据数字化期刊群、中国核心期刊(遴选)数据库全文收录。现为旬刊,国际标准刊号 ISSN 1674-4985 国内统一刊号 CN11-5784/R 邮发代号 82-189。每期定价 15.00 元,全年 540 元(包邮资),全国邮局发行。

主要栏目:论著、临床研究、基础研究、卫生管理、护理园地、影像与检验、经验交流、学术讲座、医药之窗、医学综合、个案报道等栏目。根据全国继续医学教育委员会的《继续医学教育学分授予与管理办法》学分授予标准,在本刊发表的论文可获得国家级继续教育学分。

本刊每月 5 日、15 日、25 日出版,全年 36 期,对省级以上科研基金项目论文予以优先发表。《中国医学创新》杂志常年接受读者订阅,预订者可直接向本刊通联部办理邮购订阅业务,或直接在当地邮局订阅。本刊通联部同时接受破月订阅和补缺。欢迎各医学院校、医药厂家、医学工作者订阅和刊登广告。

地址:100054 北京市丰台区菜户营 58 号财富西环 15A05 室《中国医学创新》通联部

电话:010-63357546 传真:010-51112832

网址:www.zgyxcx.com 邮箱:zgyxcx01@163.com