

PET/CT 图像膈肌上方条带状伪影特征及影响因素分析

郭悦 秦嵩 刘秀芹 屈婉莹 姚雅明

摘要 目的 在 PET/CT 扫描中, PET 图像膈肌上方、下肺区域条带状放射性减低或缺损这一伪影(S 伪影)较为常见。本研究分析 S 伪影发生率、特征、影响因素。方法 于笔者医院行 PET/CT 检查的 100 例患者纳入研究, 分析 S 伪影发生率及影响因素。结果 S 伪影总体发生率为 46%。S 伪影分布特征: 男性 S 伪影发生率 58.3%, 女性 27.5%, $P < 0.05$; 左侧 S 伪影发生率为 42%, 右侧为 21%, $P < 0.05$ 。S 伪影对肺 SUV 值的影响: 伪影处肺组织 SUV_{max} 和 SUV_{mean} (分别为 0.281 ± 0.196 和 0.200 ± 0.166) 明显低于无伪影处肺组织 (分别为 0.622 ± 0.171 和 0.500 ± 0.140 , $P < 0.05$)。影响 S 伪影发生率的因素: 膈顶部 PET 与 CT 空间配准良好者 S 伪影出现率为 25.7%, 配准不良者为 34.6%; 同机 CT 冠状面无膈顶部阶梯状伪影者 S 伪影发生率为 28.6%, 有阶梯伪影者为 38.3%。同时发生上述两种情况者 S 伪影的发生率为 43.6%, 高于只发生匹配不良者 (30.8%) 或阶梯状伪影者 (28.6%)。两种情况皆不发生者 S 伪影的发生率仍高达 24.5%。结论 PET/CT 图像中膈肌上方条带状伪影常见; 男性发生率更高, 左侧更多见; 伪影导致显著低估下肺部 SUV; PET 与 CT 图像配准程度及 CT 膈肌阶梯状伪影与条带状伪影部分相关。

关键词 体层摄影术, 发射型计算机 体层摄影术, X 线计算机 伪影

Stripped Artifact in PET/CT Imaging: Characteristics and Contributing Factors. Guo Yue, Qin Song, Liu Xiuqin, Qu Wanying, Yao Zhiming. Department of Nuclear Medicine, Beijing Hospital, Ministry of Health, Beijing 100730, China

Abstract Objective The stripped artifact (S artifact) which appears as the stripped cold areas at the interface of the lungs and diaphragm is usually seen in PET/CT imaging. The aim of this study is to analyze its frequency, characteristics and contributing factors. **Methods** One hundred PET/CT scans were included, whose frequency, characteristics and contributing factors of S artifact were analyzed. **Results** The total frequency of S artifact was 46%. Distribution characteristics: the frequencies of S artifact in male and in female patients were 58.3% and 27.5%, respectively, with significant difference ($P < 0.05$); those on the left and right side were 42% and 21%, respectively, with significant difference ($P < 0.05$). The impact on SUV: the maximum value of SUV (SUV_{max}) (0.281 ± 0.196) and the mean value of SUV (SUV_{mean}) (0.200 ± 0.166) in the S artifact areas were significantly lower than those in the no artifact areas (SUV_{max} 0.622 ± 0.171 , SUV_{mean} 0.500 ± 0.140 , respectively, $P < 0.05$). The contributing factors of S artifact: the frequencies of S artifact in patients with the diaphragmatic dome alignment and misalignmet between the PET and CT image were 25.7% and 34.6%, respectively; those in patients with or without the echelon artifact of the diaphragm were 38.3% and 28.6%. The frequency of S artifact in patients with both above conditions was 43.6%, higher than that in patients with misalignment alone (30.8%) and echelon artifact alone (28.6%). However, in patients without any above condition, the frequency of S artifact was still 24.5%. **Conclusion** The stripped artifact can be usually seen in PET/CT images and is more common in male patients and on the left side. S artifact leads to a significant decreased SUV in the lower lungs, and is partially due to the alignment between PET and CT images and the echelon artifact of the diaphragm.

Key words Positron emission tomography; Computed tomography; Artifact

PET/CT 扫描能提供精确的病灶代谢和解剖结构方面的信息, 已经广泛应用于临床。与传统 PET 不同的是, PET/CT 采用 CT 作衰减校正, 大大缩短了扫描时间。但同时, 由 CT 衰减校正带来的相关伪影

也不容忽视。除了造成病灶模糊、范围扩大、定位不准确及测量的 SUV 值减低等影响外, 其较常见的表现是 PET 图像上膈肌上方条带状的放射性缺损区, 即条带状伪影 (stripped artifact, S 伪影)^[1]。本研究旨在研究 S 伪影的发生率、分布特征、影响因素及对相应区域 SUV 值的影响。

作者单位: 100730 卫生部北京医院核医学科

通讯作者: 姚雅明, 电子信箱: yao.zhiming@163.com

对象与方法

1. 研究对象:2010 年 7~8 月间 100 例于笔者医院完成 PET/CT 体部显像的受检者纳入研究,其中男性 60 例,女性 40 例,年龄 20~84 岁,平均年龄 53.61 ± 11.12 岁。所有患者在扫描期间均无呼吸困难及喘憋等症状,且在膈肌上方、下肺部区域均无病变存在。

2. PET/CT 扫描:显像药物为 ^{18}F -FDG,由原子高科股份有限公司提供,放化纯度 $>90\%$ 。PET/CT 仪器为德国西门子 Biograph Sensation 16 HR 型。受检者空腹,静脉注射 ^{18}F -FDG (7.77MBq/kg),安静休息 60min 后行 PET/CT 显像。上检查床前饮水 500ml 使胃部充盈。采集过程中所有患者均为平静呼吸。先行 CT 平扫,范围颅底至股骨上段,管电压 120kV,有效电流 120mA,矩阵 512×512 。随后进入 PET 采集:3D 采集模式,矩阵 128×128 ,放大倍数 1.0,滤波半高宽 (FWHM) 5.0mm,2.5 分钟/床位。CT 图像二维重建使用快速傅里叶转换,重建层厚 5.0mm;三维重建使用空间像素叠加和内插法,重建的 CT 图像用作 PET 图像的衰减校正。PET 图像重建采用有序子集最大期望值迭代法,迭代次数为 4,子集为 8,并进行散射校正。以系统提供的软件获得 PET、CT 和二者融合图像。

3. 图像分析:图像分析由经验丰富的核医学科医师和技师各 1 名共同完成。当受检者 PET 图像双侧膈肌上方存在不能用脂肪组织解释的条带状放射性缺损区,且在重建层厚为 3.0mm 的冠状面和矢状面中 2 个或 2 个以上连续层面同时出现,即判断为存在 S 伪影(图 1);分别在伪影处肺组织及同侧无伪影处肺组织内勾画同样大小的感兴趣区 (ROI),得到相应区域的 SUV 最大值 (SUV_{max}) 和 SUV 平均值 (SUV_{mean}) 并进行比较(图 2);在双侧膈顶部分析 PET 和 CT 之间的空间配准度,以 PET 和 CT 图像上膈顶空间位置一致为空间配准良好(图 3);判断同机衰减校正 CT 冠状面重建图像上膈顶部是否存在阶梯状伪影(图 4)。

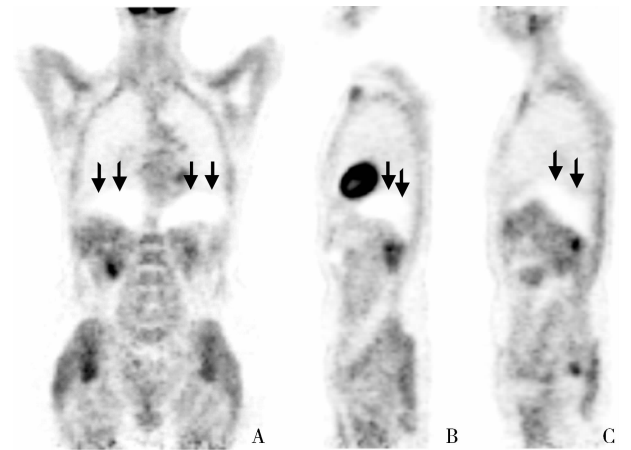


图 1 PET 图像
A. 冠状面;B. 左侧矢状面;C. 右侧矢状面。双侧膈肌上方均可见明显的条带状放射性缺损区(箭头)

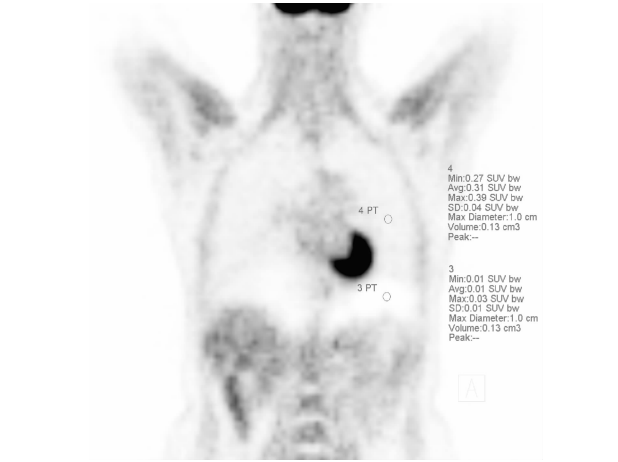


图 2 SUV 值的测量
与图 1 为同一受检者的 PET 冠状面图像。分别在左侧伪影处肺组织区域及同侧无伪影处肺组织区域勾画 ROI,自动获得 SUV

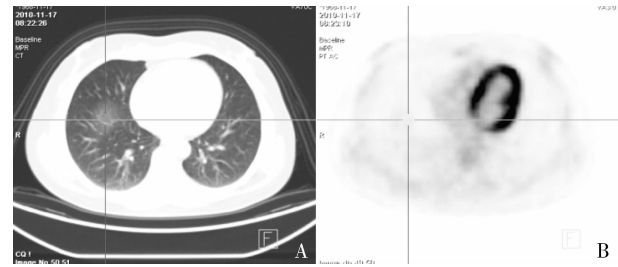


图 3 右侧膈顶 PET 与 CT 图像匹配良好
A. CT 横断面;B. PET 横断面



图 4 CT 冠状面图像
双侧膈肌上方可见阶梯状伪影

4. 统计学方法:采用 SPSS 17.0 统计软件,率的比较采用卡方检验,均数比较采用配对样本 t 检验。以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

结 果

1. S 伪影发生率:100 例患者中,共有 46 例可见双侧或单侧 S 伪影,总发生率为 46%。从冠状面上

测量 S 伪影的最大上下径范围为 0.6 ~ 4.6cm。

2. 分布特征: (1) 性别差异: 60 例男性患者中 35 例出现 S 伪影 (58.3%); 40 例女性患者中 11 例出现 S 伪影 (27.5%); 男性患者发生率高于女性, 且两者具有统计学差异 ($\chi^2 = 9.185, P = 0.002$)。 (2) 发生部位: 46 例出现伪影的患者中, 只见于左侧者 25 例 (54.3%), 只见于右侧者 4 例 (8.7%), 同时见于双侧者 17 例 (37.0%)。以左、右两侧分别计算, 左侧出现率 (42%) 高于右侧 (21%), 两者具有统计学差异 ($\chi^2 = 10.219, P = 0.001$)。

3. S 伪影对 SUV 值的影响: 以左右两侧分开计算, 46 例发生 S 伪影中的患者中共有 63 处 S 伪影, 伪影处肺组织的 SUV_{max} 和 SUV_{mean} (0.281 ± 0.196 和 0.200 ± 0.166) 低于同侧无伪影处正常肺组织 SUV_{max} 和 SUV_{mean} (0.622 ± 0.171 和 0.500 ± 0.140), 分别降低了 55% 和 60%, 且均具有统计学差异 ($t = 14.605, P < 0.001; t = 14.731, P < 0.001$)。

4. 影响 S 伪影发生率高低的因素: 以左、右两侧

膈肌顶部 (共 200 处) 联合计算: (1) PET 与 CT 图像空间配准情况对 S 伪影发生率的影响: 70 处 PET 与 CT 配准良好的膈顶部, S 伪影发生率为 25.7% (18 处); 130 处配准不良的膈顶部, S 伪影发生率为 34.6% (45 处)。配准良好者 S 伪影发生率有低于匹配不良者的趋势, 但无统计学差异 ($\chi^2 = 1.671, P = 0.207$)。 (2) 同机衰减校正 CT 冠状面图像上膈顶部阶梯状伪影对 S 伪影发生率的影响: 60 处膈顶部有阶梯状伪影, S 伪影发生率为 38.3% (23 处); 140 处膈顶无阶梯状伪影, S 伪影发生率为 28.6% (40 处)。无阶梯伪影者 S 伪影发生率有低于有阶梯伪影者的趋势, 但无统计学差异 ($\chi^2 = 1.855, P = 0.187$)。 (3) 联合上述两种情况分析对 S 伪影发生率的影响: 具体结果见表 1。从结果可以看出, 既存在 PET/CT 不匹配又存在膈顶部阶梯状伪影者, S 伪影的发生率高于只存在一项者, 但无统计学差异。同时, 两种情况都不存在时仍有 S 伪影发生。

表 1 联合 PET/CT 空间配准与膈顶部阶梯状伪影分析 S 伪影的发生率

分组	S 伪影			χ^2	P
	+	-	发生率 (%)		
单纯 PET 和 CT 配准不良组 (91 处膈顶)	28	63	30.8	3.864	0.277
单纯膈肌运动伪影组 (21 处膈顶)	6	15	28.6		
膈肌运动伪影伴 PET 和 CT 配准不良组 (39 处膈顶)	17	22	43.6		
无膈肌运动伪影或 PET 和 CT 配准不良组 (49 处膈顶)	12	37	24.5		
合计 (200 处膈顶)	63	137			

讨 论

PET/CT 之 PET 图像上 S 伪影较为常见。Osman 研究的 50 例患者中, 有 42 例出现 S 伪影。Li 等^[2]研究的 872 例 PET/CT 检查中 S 伪影的发生率高达 57.5%。本研究的伪影发生率也达到 46%。Osman 等通过对比研究证明, S 伪影只存在于用 CT 作衰减校正的 PET 图像中, 而用传统的⁶⁸Ge 棒源透射衰减校正则无 S 伪影。一般认为呼吸运动导致的 CT 和 PET 空间配准不良、膈肌位置差异是 S 伪影产生的主要原因^[3~5]。PET 图像的采集时间较长, 每个床位需时 2 ~ 3min, 最终得到的是多个呼吸周期的叠加图像; 而 CT 图像采集是在很短的时间内完成的, 是呼吸周期的某个特定时刻的“瞬时快照”。由于 PET 和 CT 图像采集时间的明显差异, PET 和 CT 图像的空间位置配准不良最终导致局部错误的衰减校正^[3]。本研究中 PET 和 CT 空间位置配准不良者 S 伪影发生

率 (34.6%) 高于配准良好 PET/CT (25.7%), 可以通过此理论解释。此外, 笔者认为, 膈肌的运动幅度也可能会影响 S 伪影的发生率。本研究同机衰减校正 CT 冠状面存在膈顶部阶梯状伪影者, 即 CT 图像采集期间膈肌运动显著者, S 伪影的发生率为 38.3%, 高于无阶梯状伪影者的 28.6% (统计学结果无明显差异, 可能与样本量较小有关)。而男性 S 伪影发生率显著高于女性这个结果对上述假设也是一种很好的证明: 男性多为腹式呼吸, 膈肌的上下运动幅度较女性大及膈肌较女性更厚, 因而对 PET 衰减校正影响更大。

本研究结果表明 PET 和 CT 空间配准不良及膈肌运动这两种情况都确实导致了更高的 S 伪影发生率; 且两种情况同时存在时, S 伪影的发生率较明显地高于只存在一种情况时。但是, 在这两种情况都不存在时, S 伪影发生率依然不低, 达 24.5%。因此, 是

否还存在其他导致 S 伪影的因素,如 CT 衰减校正后在膈肌上下区域的图像数据处理存在固有缺陷,还不得而知,需要进一步探索。S 伪影导致肺底部的放射性缺损,严重低估局部 SUV,本研究中 S 伪影处肺组织的 SUV_{max} 和 SUV_{mean} 较同侧无伪影处肺组织下降达 55% 和 60%。伪影造成的测量 SUV 值下降,会导致疾病的错误分期,影响疗效评估。已有多篇文献报道在 CT 采集时进行呼吸控制可有效减少 S 伪影,提高图像质量^[6]。常采用的模式是呼气末屏气、呼气或吸气中期屏气。在人的呼吸周期中,呼气相的时间长于吸气相,最终得到的 PET 图像是处于呼气相的状态,因此,CT 扫描时采用呼气末或呼吸中期屏气的模式应该更接近于 PET 图像;若在 CT 扫描时采用深吸气末屏气则伪影最为严重^[7]。De Juan 等的研究表明,采用呼气末屏气的模式可使伪影的出现率降低 45%。Gilman 等^[6]通过比较 5 种不同的 CT 采集呼吸模式(呼气末屏气、吸气或呼气中期屏气、小口吸气屏气、深吸气末屏气以及平静呼吸)的图像质量,发现呼气末屏气及中期屏气时图像匹配程度最好。但国外也有文献报道部分患者由于不能长时间屏气从而造成更严重的伪影。并且这种方法也存在一定的弊端,即下肺部不能很好地膨胀,不易分辨一些小病灶,若加扫吸气末屏气 CT 又会增加患者的受照射剂量。除此种方法之外,呼吸门控技术、呼吸平均 CT 及 4D PET/CT 等方法也用来减少 S 伪影的发生^[8,9]。但是,由于导致 S 伪影的总体原理尚未完全清楚,这些解决措施均只能减少 S 伪影的发生,却无法根除 S 伪影。

综上所述,S 伪影在常规的 PET/CT 工作中较为常见,表现形式为膈肌与肺交界处的条带状放射性减

低或缺损区。了解它的分布规律及特征表现对日常工作中 PET/CT 图像的分析与理解有较大帮助,尤其是对于那些膈肌附近有病变的患者。虽然部分 S 伪影的产生原因尚不清楚,但是,对于已知导致 S 伪影发生率增高因素,应该采取相应措施,尽可能减少 S 伪影的发生及其对诊断、治疗的影响。

参考文献

- 1 Sureshbabu W, Mawlawi O. PET/CT imaging artifacts [J]. J Nucl Med Technol, 2005, 33(3): 156 - 161
- 2 Li TR, Tian JH, Wang H, *et al.* Pitfalls in positron emission tomography/computed imaging: causes and their classifications [J]. Chin Med Sci J, 2009, 24(1): 12 - 19
- 3 Nehmeh SA, Erdi YE. Respiratory motion in positron emission tomography/computed tomography: a review [J]. Semin Nucl Med, 2008, 38(1): 167 - 176
- 4 Dawood M, Buther F, Jiang X, *et al.* Respiratory motion correction in 3 - D PET data with advanced optical flow algorithms [J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2008, 27(8): 1164 - 1175
- 5 许全盛, 袁克虹, 于丽娟, 等. PET/CT 图像呼吸运动伪影校正研究进展 [J]. 中国生物医学工程学报, 2009, 28(4): 573 - 580
- 6 Gilman MD, Fischman AJ, Krishnasetty V, *et al.* Optimal CT breathing protocol for combined thoracic PET/CT [J]. AJR, 2006, 187(5): 1357 - 1360
- 7 Blodgett TM, Mehta AS, Mehta AS, *et al.* PET/CT artifacts [J]. Clinical Imaging, 2011, 35(1): 49 - 63
- 8 Pan T, Mawlawi O, Nehmeh SA, *et al.* Attenuation correction of PET images with respiration - averaged CT images in PET/CT [J]. J Nucl Med, 2005, 46(9): 1481 - 1487
- 9 Killoran JH, Gerbaudo VH, Mamede M, *et al.* Motion artifacts occurring at the lung/diaphragm interface using 4D CT attenuation correction of 4D PET scans [J]. J Appl Clin Med Phys, 2011, 12(4): 3502 - 3510

(收稿日期:2012-09-27)

(修回日期:2012-10-18)

46,XY 女性性逆转患者的 NR5A1 基因突变分析

陈雪娇 许惠惠 潘映秋 戴美珍 范历龙 章 鸯

摘 要 **目的** 分析 XY 女性性逆转患者核受体亚家族 5, 组 A, 成员 1 (nuclear receptor subfamily 5 group A member 1, NR5A1) 基因的基因突变情况。**方法** 抽提样本外周血白细胞的 DNA, 对 NR5A1 的 2 ~ 7 外显子进行 PCR 扩增, 扩增产物直接测序, 重复实验和克隆测序实验验证检测到的突变, 酶切分析筛查 110 名正常人群排除突变的的多态性。**结果** 在 5 例样本中未检出明显异常的突变, 只在样本 4 中检出 1 个多态突变 (p. G146A), 该突变在正常对照人群中检出了 37.3% 的突变率。**结论**

基金项目:浙江省台州市科技计划项目(100KY09);恩泽医疗中心(集团)科学研究基金资助项目(2010)

作者单位:317000 浙江省台州医院中心实验室