

# $^{18}\text{F}$ -NaF PET/CT 骨显像操作指南

陈跃 赵军 吴湖炳 赵新明 徐浩 霍力 朱小华 黄占文 蔡亮 李亚明

646000 泸州医学院附属医院核医学科(陈跃、黄占文、蔡亮); 200120 上海, 同济大学附属东方医院核医学科(赵军); 510515 广州, 南方医科大学南方医院核医学科(吴湖炳); 050011 石家庄, 河北医科大学第四医院核医学科(赵新明); 510630 广州, 暨南大学附属第一医院核医学科(徐浩); 100730 中国医学科学院、北京协和医学院北京协和医院核医学科(霍力); 430030 武汉, 华中科技大学同济医学院附属同济医院核医学科(朱小华); 110001 沈阳, 中国医科大学附属第一医院核医学科(李亚明)

通信作者: 李亚明, Email: ymli2001@163.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2016.01.018

**Operation guide of  $^{18}\text{F}$ -NaF PET/CT bone imaging** Chen Yue, Zhao Jun, Wu Hubing, Zhao Xinming, Xu Hao, Huo Li, Zhu Xiaohua, Huang Zhanwen, Cai Liang, Li Yaming  
Department of Nuclear Medicine, Affiliated Hospital of Luzhou Medical College, Luzhou 646000, China (Chen Y, Huang ZW, Cai L); Department of Nuclear Medicine, East Hospital Affiliated to Tongji University, Shanghai 200120, China (Zhao J); Department of Nuclear Medicine, Nanfang Hospital of Southern Medical University, Guangzhou 510515, China (Wu HB); Department of Nuclear Medicine, the Fourth Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050011, China (Zhao XM); Department of Nuclear Medicine, the First Affiliated Hospital of Jinan University, Guangzhou 510630, China (Xu H); Department of Nuclear Medicine, Peking Union Medical College Hospital, Peking Union Medical College, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100730, China (Huo L); Department of Nuclear Medicine, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China (Zhu XH); Department of Nuclear Medicine, the First Hospital, China Medical University, Shenyang 110001, China (Li YM)

Corresponding author: Li Yaming, Email: ymli2001@163.com

## 一、前言

$^{18}\text{F}$ -NaF 是一种用于探测骨骼病变的高灵敏亲骨性 PET 显像剂, 其在体内的摄取机制类似于  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP, 但具有更好的药代动力学特性, 如更快的血液清除速率和更高的骨骼摄取(相当于  $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MDP 的 2 倍)。 $^{18}\text{F}$ -NaF 的摄取反映了血流状况以及骨骼重建情况。PET/CT 是一种将功能和解剖影像融为一体的分子影像学设备。PET/CT 显像分为局部区域(如头颈部、胸部、腹部或盆腔)、躯干(从颅底到大腿中段)和全身(从头顶到脚趾)显像。由于 PET/CT 中的 CT 可提供病变的形态解剖信息, 可更好地鉴别病变的良恶性, 所以该影像技术进一步提高了  $^{18}\text{F}$ -NaF 骨显像的特异性。

## 二、临床适应证

$^{18}\text{F}$ -NaF PET/CT 骨显像的常见临床适应证包括: (1) 恶性肿瘤骨转移诊断及转移灶治疗随访<sup>[1-2]</sup>; (2) 原发性骨肿瘤诊断、转移与复发诊断<sup>[3-6]</sup>; (3) 不明原因骨痛筛查; (4) 骨髓炎早期诊断; (5) 创伤与隐匿性骨折诊断; (6) 代谢性骨病的诊断; (7) 退行性骨关节病的诊断; (8) 移植骨活性评价; (9) 关节炎的诊断; (10) 骨坏死的早期诊断; (11) 人工关节置换后随访; (12) 骨折愈合评价; (13) 骨活组织检查定位。

## 三、岗位要求

1. 医师。医师应是临床医学或影像学专业人才, 具有执业医师资格及核医学医师大型设备上岗证。 $^{18}\text{F}$ -NaF PET/CT 骨显像应在医师的监督下执行, 骨显像图像重建完成后, 医

师首先要判断图像是否达到诊断要求, 是否存在污染, 是否需要增加局部采集。

2. 技师。所有核医学检查应由核医学技师操作完成, 核医学技师需要获得核医学技师大型设备上岗证。核医学图像能否达到诊断要求很大程度上取决于技师的操作。

3. 护师。核医学护师需要对患者进行预约, 详细交代检查前、检查期间及检查后的注意事项。核医学护师需要掌握临床各种急救操作, 在紧急情况下需要对患者进行急救处理。

## 四、操作规范

1. 病史采集。包括临床医师进行该项检查的目的、患者的临床诊断及相关病史(如肿瘤史、手术史、放疗史、骨髓炎史、关节炎史、创伤史及其他累及骨骼的病史), 相关的实验室检查(如前列腺癌患者血清前列腺特异性抗原和碱性磷酸酶的结果)<sup>[7]</sup>, 既往的影像学检查结果(包括 X 线平片、CT、MRI、骨显像以及  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT)。

2. 患者准备和注意事项。(1) 孕妇应该避免检查, 除非检查的获益高于对母亲和胎儿的辐射危险。(2) 患者应该良好水化来保证放射性核素的迅速排泄, 从而减少辐射剂量并提高成像质量。除非存在禁忌证, 患者应该在检查前 1 h 内饮水 250 ml 以上, 然后在  $^{18}\text{F}$ -NaF 注射后再饮水 250 ml 以上。显像前排空膀胱。对于尿失禁的患者, 应正确处置含有放射性的尿液。(3) 患者不需要禁食, 可以服用平常使用的药物。二磷酸盐、抗激素治疗、生物治疗和放疗对  $^{18}\text{F}$ -NaF 摄

取的影响尚无定论。

3.放射性药物。 $^{18}\text{F}$ -NaF 静脉注射的成人剂量范围为 185~370 MBq,肥胖患者剂量酌情增加,小儿剂量应按体质量计算(2.22 MBq/kg),总剂量范围为 18.5~185 MBq。

4.图像采集。(1)患者体位。手臂的摆放位置取决于检查的目的。行全身检查时双臂应放在身体两侧,仅扫描中轴骨时可将双手举过头顶。(2)CT 采集方案。CT 扫描用于作衰减校正以及病灶定位,诊断性 CT 扫描可以发现部分骨骼病变。CT 的扫描方案取决于检查的适应证以及能否为诊断提供更多的信息。更多诊断信息的需求常常需要与由此带来的辐射剂量增加相权衡。剂量参数应该与尽可能低剂量(as low as reasonably achievable, ALARA)原则相一致。(3)PET 采集方案。由于 $^{18}\text{F}$ -NaF 在骨组织上的吸附以及在血液中的清除都较快,对于肾功能正常的患者,中轴骨的代谢显像在注射显像剂后 30~45 min 即可开始采集;如需获得高质量的四肢图像,可在 90~120 min 后开始采集图像。每个床位的采集时间因注射剂量、衰减时间、体质量指数以及探测器的不同而不同,一般的采集时间是 0.5~3.0 min;仪器探测效率提高,则采集时间相应缩短。对于体质量指数正常的患者,若要获取高质量的中轴骨图像,则应在注射 185 MBq  $^{18}\text{F}$ -NaF 后 45 min 以 1~3 min/床位进行采集;若要获取高质量的全身图像,则需在注射 370 MBq  $^{18}\text{F}$ -NaF 后 2 h 以 1~3 min/床位进行采集。(4)干预。膀胱中的显像剂活性过高会降低图像质量,也会干扰骨盆病变的探测。辅以膀胱利尿、充分水化及使用利尿剂都可以减少膀胱尿液的放射性活度。(5)图像处理。尽管在处理时间合理的情况下,256×256 的矩阵更为有利,但一般还是通过 128×128 的矩阵获得图像。迭代重建目前被广泛应用。迭代、子集、滤波器的最佳参数以及其他的重建参数取决于患者和探测器因素。一般情况下,用于 $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 的重建方案同样适用于 $^{18}\text{F}$ -NaF PET/CT,可通过生成 MIP 图像来帮助探测病灶。

5.图像判断标准。 $^{18}\text{F}$ -NaF 通常分布于整个骨骼系统,主要通过泌尿系统排泄<sup>[8]</sup>。在患者没有肾功能不全的情况下,肾脏、膀胱显影(显像剂浓聚)。尿路局部显像剂的浓聚主要取决于肾功能、水化情况以及注射 $^{18}\text{F}$ -NaF 到显像的间隔时间。肾功能不全会导致尿路的显像剂浓聚程度降低,尿液排泄障碍(尿路梗阻)会导致梗阻近端部位显像剂浓聚程度增高,慢性重度尿路梗阻则会降低显像剂浓聚程度。软组织的显像剂浓聚程度反映了血池中 $^{18}\text{F}$ -NaF 的量,应该使其尽量减低。

几乎所有能够导致新骨形成的因素都可能使 $^{18}\text{F}$ -NaF 的摄取程度增高,其增高的程度受到很多因素的影响,包括血流和新骨形成的量。 $^{18}\text{F}$ -NaF 可取代羟基磷灰石晶体中的羟基基团并共价结合于新骨表面。新骨(或类骨)因具有更多的结合位点而摄取更高。局部充血同样也可导致相应部位骨显像剂浓聚程度增高。成人骨骼的 $^{18}\text{F}$ -NaF 生理性摄取基本均匀,儿童和青少年的骨干骺端显像剂浓聚程度增高。除了某些特殊部位的 $^{18}\text{F}$ -NaF 摄取可能会是多变的外,各个年龄段人群均表现为左右对称性显像剂摄取<sup>[8]</sup>。

一般情况下,仅凭 $^{18}\text{F}$ -NaF 的摄取程度无法鉴别骨骼的良性和恶性病变,因此与 PET/CT 中的 CT 征象、骨骼平片和其他解剖影像联合判断对诊断至关重要。任何程度的 $^{18}\text{F}$ -

NaF 摄取,只要是明显高于或低于邻近骨组织或对侧相应骨组织摄取的,都提示骨代谢的异常<sup>[9]</sup>。相对于单光子显像而言,PET/CT 具有更高的分辨率,生理病理因素引起的多样性也因此变得更加明显,如:(1)亚临床的关节疾病常常导致关节周围 $^{18}\text{F}$ -NaF 摄取程度增高,这种情况可能会不对称地发生在身体的任何部位,尤其是在脊柱和手足的小骨。此时,诊断 CT 常常能够有助于鉴别良恶性疾病。(2)牙科疾病常常导致牙周的 $^{18}\text{F}$ -NaF 摄取增高。(3)亚临床损伤(尤其是胸肋关节处的)可导致 $^{18}\text{F}$ -NaF 摄取程度增高。此外,SUV 在临床工作中的作用需要进一步研究<sup>[10]</sup>。

## 五、报告

1.报告目的。(1)回答申请医师所关心的临床问题;(2)说明检查适应性、必要性及诊断效能。

2.报告内容。(1)患者基本信息(包括患者的姓名、性别、出生日期、病历号、检查项目、检查时间等)。

(2)临床信息。除检查目的以及需要回答的特定问题外,临床信息还应该包括诊断以及简要的治疗史、相关的检查及既往的影像学结果。

(3)显像过程描述。除放射性药物的名称、剂量、注射途径、注射时间以及注射部位(非放射性药物的使用情况也应该被提及)外,过程描述还应该包括患者进行扫描的时间或者注射 $^{18}\text{F}$ -NaF 到进行扫描之间的间隔时间、扫描的范围,患者的体位(仰卧或俯卧)和手臂的位置(上举或放在两边)都应该被注明。对于 CT 部分的描述应仅限于描述 CT 是用于衰减校正以及对代谢图像的解剖定位;如果是诊断 CT,则应完整描述。常规的过程参数常不在报告中提及,但是特殊情况下需要附加的操作(如运动校正)应该提及。

(4)影像描述。有意义的影像学表现的描述要注意逻辑性,检查发现应按照意义分组或按照部位描述。尽管 CT 用于诊断时可能会分开报告,但更推荐综合的 PET/CT 报告。注意描述有意义的影像表现的部位和范围,包括骨骼的名称、异常显像剂摄取的范围(局限性或弥漫性),必要时还应指明骨骼受累的解剖细微结构。CT 上相关的表现也应该描述(如未见异常,硬化,透明的、溶骨的、成骨的或者混合性改变等),如果病灶大小有重要的临床意义,则要描述此病灶 CT 相应层面的测量值。对于有意义的病变的描述应该包括对其相应的 $^{18}\text{F}$ -NaF 摄取水平的描述,需要测量 SUV,但该值不能用于鉴别诊断。尿路及软组织中的摄取也应予以描述,有意义的非骨骼 CT 发现也应该尽量全面地描述。应该指出局限性,必要时影响检查的灵敏度和特异性的因素应该提及。如果可能,报告或结论中应该包括与既往检查和报告的对比。

(5)诊断意见。(1)尽可能给出明确的诊断。(2)在适当的情况下给出鉴别诊断。(3)如果可能,建议患者行进一步检查或随访<sup>[11]</sup>。

## 六、质控、安全以及相关的患者教育问题

应该按照 $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 显像的标准执行质控、安全性评估及相关的患者教育。对于所有的患者都应该选择能够获得诊断质量图像的最低辐射剂量方案。

## 七、显像过程中的辐射安全性

单位放射性活度(MBq)  $^{18}\text{F}$ -NaF 对应的有效剂量为

0.024 0 mSv, 常规注射 185 MBq 时的有效剂量为 4.44 mSv。而单位放射性活度 (MBq)<sup>99</sup>Tc<sup>m</sup>-MDP 对应的有效剂量为 0.005 7 mSv, 常规注射 925 MBq 时的有效剂量为 5.27 mSv<sup>[12]</sup>。

1. 哺乳期患者。放射防护国际委员会 106 号出版物 (附录 D) 中并没有建议患者为了行<sup>18</sup>F-NaF 检查而中断哺乳。

2. 关于 PET/CT 中 CT 相关的剂量问题。PET/CT 检查者受到的辐射剂量是 PET 放射性核素辐射剂量与 CT 部分辐射剂量的总和。近年, 诊断性 CT 的辐射剂量受到了相当的重视, 尤其是对于患儿的检查。出于辐射防护安全考虑, 除非利大于弊, 儿童不应该超过 30 mSv 的剂量限制<sup>[13]</sup>。由于应用、方案以及 CT 系统的多样性, 不必拘泥于运用一个固定的 CT 扫描的经典剂量。如躯干扫描可能包括身体的不同部位, 有些部位的扫描方案是为了减少辐射剂量, 而有些部位则是为了诊断要求而进行了优化, 相应的有效剂量范围为 5~80 mSv。儿童和青少年患者 CT 检查的电流应该与患者的体积相适应。普通成人用于衰减校正和定位的全身 CT 扫描的有效剂量是 3.2 mSv (CT 扫描参数: 电压 120 kV, 电流 30 mA, 旋转 0.5 s, 螺距 1)。

利益冲突 无

本文直接使用的缩略语: FDG (fluorodeoxyglucose), 脱氧葡萄糖; MDP (methylene diphosphonate), 亚甲基二膦酸盐; MIP (maximum intensity projection), 最大密度投影; SUV (standardized uptake value), 标准摄取值

### 参 考 文 献

[1] Minamimoto R, Loening A, Jamali M, et al. Prospective comparison of <sup>99</sup>Tc<sup>m</sup>-MDP scintigraphy, combined <sup>18</sup>F-NaF and <sup>18</sup>F-FDG PET/CT and whole-Body MRI in patients with breast and prostate cancers[J]. J Nucl Med, 2015, 56(12): 1862-1868. DOI: 10.2967/jnumed.115.162610.

[2] Bastawrous S, Bhargava P, Behnia F, et al. Newer PET application with an old tracer: role of <sup>18</sup>F-NaF skeletal PET/CT in oncologic practice[J]. Radiographics, 2014, 34(5): 1295-1316. DOI: 10.1148/rg.345130061.

[3] Ordoñez MB, Valadares AA, Duarte PS, et al. Prevalence of exclusive lower extremity metastases at <sup>18</sup>F-NaF PET/CT[J]. Radiol Bras, 2015, 48(3): 143-147. DOI: 10.1590/0100-3984.2014.

0053.

[4] Rohren EM, Etchebehere EC, Araujo JC, et al. Determination of skeletal tumor burden on <sup>18</sup>F-Fluoride PET/CT[J]. J Nucl Med, 2015, 56(10): 1507-1512. DOI: 10.2967/jnumed.115.156026.

[5] Etchebehere EC, Araujo JC, Fox PS, et al. Prognostic factors in patients treated with <sup>223</sup>Ra: the role of skeletal tumor burden on baseline <sup>18</sup>F-Fluoride PET/CT in predicting overall survival[J]. J Nucl Med, 2015, 56(8): 1177-1184. DOI: 10.2967/jnumed.115.158626.

[6] Jackson T, Mosci C, von Eyben R, et al. Combined <sup>18</sup>F-NaF and <sup>18</sup>F-FDG PET/CT in the evaluation of sarcoma patients[J]. Clin Nucl Med, 2015, 40(9): 720-724. DOI: 10.1097/RLU.0000000000000845.

[7] Hillner BE, Siegel BA, Hanna L, et al. Impact of <sup>18</sup>F-fluoride PET in patients with known prostate cancer: initial results from the National Oncologic PET Registry[J]. J Nucl Med, 2014, 55(4): 574-581. DOI: 10.2967/jnumed.113.130005.

[8] Minamimoto R, Mosci C, Jamali M, et al. Semiquantitative analysis of the biodistribution of the combined <sup>18</sup>F-NaF and <sup>18</sup>F-FDG administration for PET/CT imaging[J]. J Nucl Med, 2015, 56(5): 688-694. DOI: 10.2967/jnumed.115.153767.

[9] Cai L, Chen Y, Huang Z, et al. Incidental detection of solitary hepatic metastasis by <sup>99</sup>Tc<sup>m</sup>-MDP and <sup>18</sup>F-NaF PET/CT in a patient with osteosarcoma of the tibia[J]. Clin Nucl Med, 2015, 40(9): 759-761. DOI: 10.1097/RLU.0000000000000769.

[10] Sabbah N, Jackson T, Mosci C, et al. <sup>18</sup>F-sodium fluoride PET/CT in oncology: an atlas of SUVs[J]. Clin Nucl Med, 2015, 40(4): e228-231. DOI: 10.1097/RLU.0000000000000633.

[11] Hillner BE, Siegel BA, Hanna L, et al. <sup>18</sup>F-fluoride PET used for treatment monitoring of systemic cancer therapy: results from the National Oncologic PET Registry[J]. J Nucl Med, 2015, 56(2): 222-228. DOI: 10.2967/jnumed.114.150391.

[12] Segall G, Delbeke D, Stabin MG, et al. SNM practice guideline for sodium <sup>18</sup>F-fluoride PET/CT bone scans 1.0[J]. J Nucl Med, 2010, 51(11): 1813-1820. DOI: 10.2967/jnumed.110.082263.

[13] Qiu L, Chen Y, Wu J. The role of <sup>18</sup>F-FDG PET and <sup>18</sup>F-FDG PET/CT in the evaluation of pediatric Hodgkin's lymphoma and non-Hodgkin's lymphoma[J]. Hell J Nucl Med, 2013, 16(3): 230-236. DOI: 10.1967/s0024499100091.

(收稿日期: 2015-11-21)