

Application status of SPECT/CT fusion imaging in clinical nuclear medicine

WU Tao*, CUI Kunwei

(Department of Nuclear Medicine, the Second People's Hospital of Wuhu, Wuhu 241000, China)

[Abstract] Fusion imaging technology of functional and anatomical imaging has greatly promoted the development of nuclear medicine equipment in the direction of multimodal imaging. These devices, such as SPECT/CT, SPECT/MR, PET/CT and PET/MR, has greatly improved the efficiency of diagnosis by assessing the metabolism information and supplying the precise anatomic localization of lesions. The application situation and development trend of SPECT/CT fusion imaging in clinical disease were reviewed in this paper.

[Key words] Tomography, emission computed, single photon; Nuclear medicine; Fusion imaging

DOI:10.13929/J.1003-3289.2016.02.040

SPECT/CT 融合显像在临床核医学中的应用现状

吴涛*, 崔坤炜

(芜湖市第二人民医院核医学科, 安徽 芜湖 241000)

[摘要] 核医学的功能影像与传统解剖影像的有机融合大大促进了核医学设备的多模态发展方向, 如 SPECT/CT、SPECT/MR、PET/CT 及 PET/MR 等。这些设备可评估脏器功能代谢, 同时又可对病灶进行精确的解剖定位, 大大提高了诊断效能。本文主要对 SPECT/CT 融合显像在各疾病中的应用现状及发展趋势进行综述。

[关键词] 体层摄影术, 发射型计算机, 单光子; 核医学; 融合显像

[中图分类号] R814.42; R445.5 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2016)02-0306-04

双模式显像技术的应用价值主要体现在其能够提供较好的衰减校正、对病变及周围组织结构进行精确的解剖定位并提高诊断的敏感度和特异度等。本文主要概述 SPECT/CT 融合显像技术在临床各种疾病中的应用现状。

1 融合显像技术在甲状腺癌中的应用

目前治疗分化型甲状腺癌的手术+¹³¹I 内照射+药物替代的三联治疗方案已得到国际认可, 但由于闪烁扫描技术的固有缺陷,¹³¹I 全身 SPECT 扫描图像对解剖定位信息的显示较差^[1], 尤其是手术后甲状腺区

的解剖结构发生了变化。近期研究^[2-6]表明, SPECT/CT 融合显像可获得较多的解剖信息, 并可将颈部转移的淋巴结从残留甲状腺组织中区分开来、将肺转移和纵隔转移及骨转移和软组织摄取区分开来, 显著提高了对分化型甲状腺癌转移灶的诊断准确率及定位精确率, 减少了对患者的过度治疗。临床中,¹³¹I 平面显像阳性而刺激状态下 Tg 水平阴性且存在转移灶的甲状腺癌患者少见, 超声检查对这类患者转移灶的定位存在一定缺陷, 但 SPECT/CT 融合显像对这些代谢活跃病灶的定位具有较大优势^[7], 并且 SPECT/CT 融合显像还可精确定位和诊断少见转移部位的病灶^[8]。因此,¹³¹I-SPECT/CT 融合显像是分化型甲状腺癌患者临床分期、疗效评价和预后评估中必不可少的检查手段^[9]。对于与周围组织无法明确区分的病灶、少见部位发生转移的病灶及区分肠道生理性和转移性摄取时推荐常规使用 SPECT/CT 融合显像。

[基金项目] 芜湖市科技局惠民项目(2012hm34)。

[第一作者] 吴涛(1983—), 男, 山东聊城人, 博士, 主治医师。研究方向: 分子核医学与肿瘤核医学。

[通信作者] 吴涛, 芜湖市第二人民医院核医学科, 241000。

E-mail: fengyun2592@163.com

[收稿日期] 2015-07-11 **[修回日期]** 2015-12-17

由于甲状腺癌的病理类型不同,如甲状腺髓样癌不能摄取碘,需要选用核素标记其他的亲肿瘤药物进行显像,如锝标二羟基丁二酸、甲氧基异丁基乙腈、癌胚抗原单克隆抗体、碘标间位碘代苄胍等,但这些药物对病灶诊断和定位的灵敏度和特异度不一,且在临床应用中获得难度较大,故 SPECT/CT 显像逐渐被 PET/CT 取代^[10]。

2 融合显像技术在其他肿瘤中的应用

对肿瘤的诊断、定位及临床分期, PET/CT 较 SPECT/CT 具有更大的优势和发展前景。由于正电子药物的研发进展及 PET/CT 的发展程度, SPECT/CT 在肿瘤中的应用优势越来越小。但对于无 PET/CT 的医院或患者经济条件不能承受 PET/CT 检查的时候,采用 SPECT/CT 对乳腺癌^[11]、肺癌^[12]、神经内分泌肿瘤^[13]、淋巴瘤^[14]等进行诊断和定位不失为一个好的选择。因为该类显像药物均为肿瘤阳性显像剂,与肿瘤组织有相对特异的靶向亲和力。但是上述肿瘤显像所用到的亲肿瘤放射性药物的获得难度较大,目前主要集中于大型实验室及教学医院内,因此临床难以推广。

3 融合显像技术在骨关节疾病中的应用

3.1 诊断骨肿瘤 SPECT 全身骨显像采用放射性核素锝标记的亚甲基二磷酸盐(methylene diphosphonate, MDP)反应骨骼系统的血供及局部无机盐代谢情况,对肿瘤的骨转移诊断具有较高的灵敏度,并且骨显像为全身性检查,具有快速、全面和经济的优势,使得 SPECT 全身骨显像成为诊断肿瘤骨转移的首选方法。但 SPECT 全身骨显像为平面扫描,由于前后结构重叠、SPECT 空间分辨率较差、缺少足够解剖结构信息,因此对病灶的定位能力存在缺陷,诊断特异度较差。多项研究^[15-20]表明, SPECT/CT 融合显像诊断转移性骨肿瘤及平面图像难以确诊病灶,鉴别诊断脊柱、肋骨良恶性病变的效能均高于单纯 SPECT 平面显像和 CT 平扫。SPECT/CT 融合显像可大大提高对肿瘤骨转移的诊断效能。有学者^[21]在对比 SPECT/CT 融合显像和 MRI 诊断原发骨肿瘤的效能中发现,两者对原发骨肿瘤的诊断效能具有较高的一致性,但是前者诊断原发骨肿瘤的灵敏度、特异度、准确率、阳性预测值和阴性预测值均高于后者。因此,临床中,对于单发、定位不明及难以确诊的病灶,建议使用 SPECT/CT 融合显像。

3.2 诊断骨关节良性病变 随着 SPECT/CT 融合显像适应证的扩大及新型放射性骨显像药物的开发认证,该技术在良性骨关节疾病中的应用得到迅速推广,

如对应力性骨折、退行性骨关节炎、骨坏死、腰背部疼痛及骨骼炎症或感染等病变的诊断^[22]。也有学者^[23]通过判断放射性浓聚是否通过骨折断端,进而诊断骨折术后是否能够延迟愈合,结果显示 SPECT/CT 融合显像可为陈旧性骨折的愈合情况提供客观、准确的依据,并能够在探查骨折愈合不佳的原因方面提供帮助,如可在关节置换术后,判断假体的松动和周围炎性反应。

3.3 诊断骨外病灶 全身骨显像过程中,由于生理或病理的原因常出现局部软组织显影,如果不明确诊断该部分病灶,往往会导致过多干预措施的实施。由于 SPECT 全身骨扫描图像为平面叠加影像,对局部的软组织解剖结构显示不清,因此很难定位显影软组织。但 SPECT/CT 断层融合显像可提供丰富的解剖结构信息,从而精确定位。多项研究^[24-27]均证实 SPECT/CT 断层融合显像定位和诊断骨外病灶的优势无可比拟。

4 融合显像技术在甲状旁腺疾病中的应用

目前⁹⁹Tc^m-MIBI SPECT/CT 断层融合显像已经成为诊断和精确定位甲状旁腺疾病(原发性甲状旁腺亢进及甲状旁腺腺瘤)最有效的方法。荟萃分析^[28]显示该方法显著提高了甲状旁腺疾病的检出效率,明显优于单纯的 SPECT 平面显像,并对手术方案的制定提供了很大的帮助。也有部分学者^[29-30]认为^{99m}Tc-MIBI SPECT/CT 断层融合显像尽管优于超声等其他检查方法,但是四维 CT 扫描对融合显像难以定位的甲状旁腺疾病是很好的辅助手段,因其可以提供更加精细的局部解剖信息。因此,对于甲状旁腺疾病的诊断和定位,在条件允许下可以常规使用 SPECT/CT 融合技术。

5 融合显像技术在消化道出血疾病中的应用

目前对消化道出血的检查方法主要有核医学消化道出血显像、纤维内镜、X 线胃肠造影、数字减影血管造影等,相较于其他检查方法,消化道出血显像采用放射性核素标记红细胞或胶体进行显像,是一种生理性显像方法,具有更加简单、方便和有效的特点。张国旭等^[31]在对比平面显像和融合显像对下消化道出血定位诊断的研究中发现,两者诊断下消化道出血的灵敏度无差异,但融合显像对出血位置的定位明显优于平面显像。而 Kotani 等^[32]研究发现, SPECT/CT 融合显像诊断消化道出血的各个预测指标均优于 SPECT 平面图像,并且融合显像对出血点的诊断和定位更加优于平面显像。

6 融合显像技术在肾上腺髓质显像中的应用

发生在肾上腺髓质中的病变主要是指嗜铬细胞瘤及肾上腺髓质增生,尤其是嗜铬细胞瘤的发病率逐年上升,但是传统的检查方法对该病的定性和定位诊断均存在一定的局限性。而 B 超、CT 及 MRI 作为嗜铬细胞瘤的重要定位手段,对肾上腺髓质形态无明显改变或无结节的肾上腺嗜铬细胞瘤及肾上腺髓质外的异位嗜铬细胞瘤的定性、定位存在难度。放射性碘标记的间位碘代苄胍(^{131}I -MIBG)是去甲肾上腺素的类似物,可选择性作用于肾上腺素能神经元受体,并且不与突触后受体结合产生类似去甲肾上腺素的药理作用,是一种比较理想的定性定位诊断肾上腺髓质病变的显像剂。陈再君等^[33]关于 SPECT/CT ^{131}I -MIBG 诊断嗜铬细胞瘤的研究中发现,同机融合显像能够特异性地定位任何部位的嗜铬细胞瘤,尤其是对于异位嗜铬细胞瘤的诊断更具优势,病变检出率及定位准确率明显高于 B 超、CT 及 MRI。虽然 ^{131}I -MIBG 是诊断肾上腺髓质疾病的理想放射性药物,但是目前国内的 MIBG 药物尚未获得食药监局的国药准字号,因此该药目前只能用于科研研究,在临床推广尚需时日。

7 融合显像技术在肺通气/血流(V/Q)灌注显像中的应用

肺通气/血流灌注显像是诊断肺栓塞、慢性阻塞性肺疾病、肺心病、肺动脉高压等疾病常用的无创性检查技术,目前临床上最主要还是应用于对肺栓塞的定性和定位诊断。因为 V/Q SPECT/CT 断层融合显像可以提供三维的功能代谢图像和精细的解剖结构信息,并能够清晰地分辨每个肺亚段,故可对栓塞的病灶进行定位定性诊断,且比平面图像显著提高了诊断的准确率和灵敏度^[34]。相较于肺动脉血管造影,V/Q SPECT/CT 断层融合显像具有较高的灵敏度、较小的辐射剂量^[35]和无对比剂相关的风险等优势,因此有学者^[36]认为 V/Q SPECT/CT 断层融合显像可作为急性肺栓塞患者的首选筛查手段。呼吸门控技术的引用及血栓阳性显像剂的开发必将使该技术获得更大的应用空间。由于肺通气显像需要使用放射性气体或气溶胶,对于核医学科的防护及从业人员的操作水平要求较高,所以该项检查目前主要集中于像胸科医院之类的大型专科医院,在基层医院普及程度较低。

综上所述,SPECT/CT 融合显像几乎涵盖了全身各个脏器的代谢显像,不同的研究均显示同机 SPECT/CT 断层融合显像对病灶的定位和诊断的优势,尤其是在病灶精确定位中的作用,但是目前带有诊

断级别 CT 的 SPECT 主要存在于大型三级医院。随着更多放射性药物获得认证、更加优良的 SPECT/CT 设备的问世及该设备在基层医院的普及,核医学的代谢显像和传统 CT 的解剖影像的融合技术将会进入前所未有的大发展阶段。

【参考文献】

- [1] Tharp K, Israel O, Hausmann J, et al. Impact of ^{131}I -SPECT/CT images obtained with an integrated system in the follow-up of patients with thyroid carcinoma. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2004, 31(10):1435-1442.
- [2] Wong KK, Zarzhevsky N, Cahill JM, et al. Incremental value of diagnostic ^{131}I SPECT/CT fusion imaging in the evaluation of differentiated thyroid carcinoma. *AJR Am J Roentgenol*, 2008, 191(6):1785-1794.
- [3] Mizokami D, Kosuda S, Shiotani A, et al. Impact of ^{131}I SPECT/CT on the management of differentiated thyroid carcinoma outpatients with radioablation. *Nihon Jibiinkoka Gakkai Kaiho*, 2014, 117(5):673-680.
- [4] Schmidt D, Szikszai A, Linke R, et al. Impact of ^{131}I SPECT/spiral CT on nodal staging of differentiated thyroid carcinoma at the first radioablation. *J Nucl Med*, 2009, 50(1):18-23.
- [5] Spanu A, Solinas ME, Chessa F, et al. ^{131}I SPECT/CT in the follow-up of differentiated thyroid carcinoma: Incremental value versus planar imaging. *J Nucl Med*, 2009, 50(2):184-190.
- [6] Wang H, Fu HL, Li JN, et al. The role of single-photon emission computed tomography/computed tomography for precise localization of metastases in patients with differentiated thyroid cancer. *Clin Imaging*, 2009, 33(1):49-54.
- [7] Shen CT, Wei WJ, Qiu ZL, et al. Value of post-therapeutic ^{131}I scintigraphy in stimulated serum thyroglobulin-negative patients with metastatic differentiated thyroid carcinoma. *Endocrine*, 2015 Jun 21. [Epub ahead of print]
- [8] Zhao Z, Shen GH, Liu B, et al. An unusual adrenal and brain metastases from follicular thyroid carcinoma revealed by ^{131}I SPECT/CT. *Clin Nucl Med*, 2016, 41(1):e53-e55.
- [9] Avram AM. Radioiodine scintigraphy with SPECT/CT: An important diagnostic tool for thyroid cancer staging and risk stratification. *J Nucl Med Technol*, 2014, 42(3):170-180.
- [10] Ozkan ZG, Kuyumcu S, Uzum AK, et al. Comparison of ^{68}Ga -DOTATATE PET-CT, ^{18}F -FDG PET-CT and $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -(V)DMSA scintigraphy in the detection recurrent or metastatic medullary thyroid carcinoma. *Nucl Med Commun*, 2015, 36(3):242-250.
- [11] Shariati F, Aryana K, Fattahi A, et al. Diagnostic value of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -bombesin scintigraphy for differentiation of malignant from benign breast lesions. *Nucl Med Commun*, 2014, 35(6):620-625.
- [12] Apostolopoulos DJ, Koletsis EN, Spyridonidis T, et al. Tc-99m

- depreotide SPECT/CT for lymph node staging of non-small-cell lung Cancer. *Ann Nucl Med*, 2014, 28(5):463-471.
- [13] Perri M, Erba P, Volterrani D, et al. Octreo-SPECT/CT imaging for accurate detection and localization of suspected neuroendocrine tumors. *Q J Nucl Med Mol Imaging*, 2008, 52(4):323-333.
- [14] Palumbo B, Sivoilella S, Palumbo I, et al. ^{67}Ga -SPECT/CT with a hybrid system in the clinical management of lymphoma. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2005, 32(9):1011-1017.
- [15] 王新华, 赵艳萍, 陆海健, 等. SPECT/CT 诊断转移性骨肿瘤的临床意义. *中华核医学杂志*, 2010, 30(2):106-109.
- [16] Utsunomiya D, Shiraishi S, Imuta M, et al. Added value of SPECT/CT fusion in assessing suspected bone metastasis: Comparison with scintigraphy alone and nonfused scintigraphy and CT. *Radiology*, 2006, 238(1):264-271.
- [17] 禹晖, 张金赫, 尹吉林. SPECT/CT 断层骨显像对骨盆转移性病灶的诊断价值. *现代肿瘤医学*, 2013, 21(4):858-860.
- [18] 张一洪, 石洪成, 顾宇参, 等. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP SPECT/CT 骨显像对脊柱良恶性病变的鉴别诊断. *中华核医学杂志*, 2011, 31(3):164-168.
- [19] 郑建国, 赵波洋, 于治国, 等. SPECT/CT 融合显像在肋骨病变良、恶性鉴别诊断中的应用. *中国医学影像技术*, 2007, 23(6):925-928.
- [20] 李亚伦, 赵祯, 赵丽霞, 等. 放射性核素骨 SPECT/CT 同机融合显像诊断 SPECT 难于确诊骨病灶. *中国医学影像技术*, 2008, 24(10):1641-1643.
- [21] 何伟, 王喆, 刘大亮, 等. SPECT/CT 断层融合显像与 MRI 对原发性骨肿瘤的诊断效能对比分析. *实用放射性杂志*, 2013, 29(6):961-965.
- [22] 杨志东, 莫凌, 江晓兵, 等. SPECT/CT 融合显像在良性骨骼疾病诊断中的应用进展. *中华临床医师杂志: 电子版*, 2013, 7(5):2111-2113.
- [23] 张斌青, 宋青凤, 王军辉, 等. SPECT/CT 显像对骨折延迟愈合的诊断价值. *中华核医学与分子影像学杂志*, 2014, 34(4):305-307.
- [24] Wale DJ, Wong KK, Savas H, et al. Extraosseous findings on bone scintigraphy using fusion SPECT/CT and correlative imaging. *AJR Am J Roentgenol*, 2015, 205(1):160-172.
- [25] Agarwal KK, Karunanithi S, Roy SG, et al. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP SPECT/CT demonstrating extraosseous periarticular amyloid deposits in primary systemic amyloidosis associated with multiple myeloma. *Clin Nucl Med*, 2015, 40(2):189-190.
- [26] Joshi PV, Lele V, Gandhi R. An unusual case of extraosseous accumulation of bone scan tracer in a renal calculus-demonstration by SPECT-CT. *J Clin Imaging Sci*, 2012, 2(1):4.
- [27] Soundararajan R, Naswa N, Sharma P, et al. SPECT-CT for characterization of extraosseous uptake of $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -methylene diphosphonate on bone scintigraphy. *Diagn Interv Radiol*, 2013, 19(5):405-410.
- [28] Wong KK, Fig LM, Gross MD, et al. Parathyroid adenoma localization with $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -sestamibi SPECT/CT: A meta-analysis. *Nucl Med Commun*, 2015, 36(4):363-375.
- [29] Suh YJ, Choi JY, Kim SJ, et al. Comparison of 4D CT, ultrasonography, and $^{99\text{m}}\text{Tc}$ sestamibi SPECT/CT in localizing single-gland primary hyperparathyroidism. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2015, 152(3):438-443.
- [30] Day KM, Elsayed M, Beland MD, et al. The utility of 4-dimensional computed tomography for preoperative localization of primary hyperparathyroidism in patients not localized by sestamibi or ultrasonography. *Surgery*, 2015, 157(3):534-539.
- [31] 张国旭, 张文文, 郝珊瑚, 等. Hawkeye VG 型 SPECT/CT 融合显像在下消化道出血定位中的临床应用. *中华核医学与分子影像杂志*, 2013, 33(5):340-342.
- [32] Kotani K, Kawabe J, Higashiyama S, et al. Diagnostic ability of ($^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HSA-DTPA) scintigraphy in combination with SPECT/CT for gastrointestinal bleeding. *Abdom Imaging*, 2014, 39(4):677-684.
- [33] 陈再君, 蒋宁一, 卢献平, 等. SPECT/CT ^{131}I -MIBG 肾上腺髓质显像在肾上腺疾病中的应用. *中国临床医学影像杂志*, 2004, 15(2):78-80, 97.
- [34] Roach PJ, Schembri GP, Bailey DL. V/Q scanning using SPECT and SPECT/CT. *J Nucl Med*, 2013, 54(9):1588-1596.
- [35] Mortensen J, Gutte H. SPECT/CT and pulmonary embolism. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2014, 41(Suppl 1):S81-S90.
- [36] Leblanc M, Paul N. V/Q SPECT and computed tomographic pulmonary angiography. *Semin Nucl Med*, 2010, 40(6):426-441.