

·论著·

SPECT/CT 融合显像对可疑骨转移灶的诊断效能

刘雪辉 李洪均 于鸿煦

【摘要】目的 评价 SPECT/CT 融合显像对可疑骨转移灶的诊断效能。**方法** 回顾性分析 64 例恶性肿瘤患者经全身骨显像发现的 96 个可疑骨转移病灶,对可疑病灶行同机 SPECT/CT 融合显像,由两名核医学医师分别对 SPECT、CT 及 SPECT/CT 融合显像进行分析并评分,以病理学结果或 6 个月以上复查影像学及临床随访结果作为最终确诊依据。SPECT/CT 融合显像对可疑病灶的诊断效能通过受试者工作特征曲线(ROC 曲线)进行评价。**结果** SPECT/CT 显像诊断可疑骨转移灶的灵敏度、特异度、准确率、阳性预测值和阴性预测值分别为 93.1%、86.8%、90.6%、91.5%和 89.2%;ROC 曲线下面积: SPECT/CT 融合图像为 0.956, CT 图像为 0.897, SPECT 图像为 0.710。**结论** SPECT/CT 融合显像较 SPECT 及 CT 显像具有较高的诊断效能。

【关键词】 肿瘤转移; 骨骼; 体层摄影术, 发射型计算机, 单光子; 体层摄影术, X 线计算机

Diagnostic efficacy of SPECT/CT fusion imaging in assessing possible bone metastases Liu Xuehui, Li Hongjun, Yu Hongxu. Department of Nuclear Medicine, Tianjin Third Central Hospital, Tianjin 300170, China

Corresponding author: Liu Xuehui, Email: liuxuehui1978@tom.com

【Abstract】 Objective To evaluate the diagnostic efficacy of single photon emission computed tomography/computed tomography (SPECT/CT) in assessing possible bone metastases. **Methods** Sixty-four patients with history of primary cancer with 96 lesions that could not be definitively diagnosed using planar scintigraphy were included in this study, and SPECT/CT was performed. SPECT, CT, and SPECT/CT images were independently interpreted and scored by two experienced nuclear medicine physicians. The final diagnosis was confirmed by the pathological results or follow-up (≥ 6 months). The value of additional fused images was assessed using receiver operating characteristic (ROC) analysis. **Results** The sensitivity, specificity, accuracy, and negative and positive predictive values for SPECT/CT imaging were 93.1%, 86.8%, 90.6%, 91.5%, and 89.2%, respectively. The areas under the ROC curve were 0.956, 0.897, and 0.710 for SPECT/CT-fused images, CT images, and SPECT, respectively. **Conclusion** SPECT/CT fusion imaging was more accurate and valuable compared with separate sets of SPECT and CT images.

【Key words】 Neoplasm metastasis; Skeleton; Tomography, emission-computed, single-photon; Tomography, X-ray computed

恶性肿瘤常见骨转移,早期进行诊断对恶性肿瘤分期、综合治疗方案的制定、骨转移癌的治疗及病程转归具有重要作用。全身骨显像是目前常规诊断骨转移癌的检查方法,一次显像可显示全身骨骼,具有很高的灵敏度,但其特异性低。配备有诊断级螺旋 CT 的 SPECT/CT 近年来在临床中得以广

泛应用,在发现病灶的同时可以进行同机螺旋 CT 扫描,实现了功能影像与螺旋 CT 解剖影像的同机融合,大大提高了诊断的特异性^[1-2]。本研究通过绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析并评价 SPECT/CT 融合显像对可疑骨转移灶的诊断效能。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析 2013 年 4 月至 2014 年 1 月在我院

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2015.03.003

基金项目:天津市卫生局科技基金(2013KZ12)

作者单位:300170,天津市第三中心医院核医学科

通信作者:刘雪辉(Email: liuxuehui1978@tom.com)

确诊的 64 例恶性肿瘤患者, 其中男性 39 例、女性 25 例, 年龄 30~86 岁, 平均 (62.8 ± 11.7) 岁。纳入本研究的原发恶性肿瘤患者均经病理或穿刺细胞学检查证实, 其中原发性肝癌 26 例、肺癌 15 例、乳腺癌 12 例、前列腺癌 6 例、胆管细胞癌 2 例、甲状腺癌 2 例和胆囊癌 1 例。常规前、后位全身平面骨显像难以诊断是否为早期骨转移瘤的 96 个可疑病灶, 对可疑病灶均行 SPECT/螺旋 CT 融合显像, 所有患者随访时间大于 6 个月, 最终未能确诊的病灶及失随访的患者未纳入该研究。可疑病灶病变部位: 腰椎 29 个、胸椎 24 个、肋骨 24 个、颈椎 5 个、骨盆 5 个、骶椎 2 个、胸骨 2 个、股骨 2 个、肩胛骨 2 个和肱骨 1 个。

1.2 显像剂及显像仪器

显像剂 ^{99m}Tc -MDP 由北京森科医药有限公司提供, 放化纯度 $>95\%$ 。显像仪器采用德国西门子公司的 Symbia T2 型 SPECT/螺旋 CT 仪。

1.3 检查方法

所有患者静脉注射 ^{99m}Tc -MDP 740~1110 MBq, 叮嘱患者 2 h 内饮水 500~1000 ml, 3~5 h 进行显像, 显像前排尽尿液, 患者平卧于检查床行全身平面显像, 采用低能高分辨准直器, 能窗 140 keV, 窗宽 20%, 扫描速度为 20 cm/min。在发现可疑病灶的基础上, 首先采集 SPECT 图像, 再根据 SPECT 图像显示的可疑病灶范围采集 CT 图像。SPECT 图像采集条件: 双探头平行采集, 各旋转 180° , 矩阵 64×64 , 20 s/帧。CT 采集条件: CT 采集系统每天均执行日质控, 同机 CT 系统管电压 130 kV, 管电流 100 mAs, 层厚 5 mm, 层间距 2.5 mm。采集的图像由西门子公司提供的 Syngo 后处理工作站软件(E.soft; Siemens Medical solutions)进行图像后处理及融合处理, 经重建获得横断面、冠状面、矢状面的 SPECT、CT 及 SPECT/CT 融合图像。

检查前所有患者及家属均签署了知情同意书。

1.4 图像分析

由 2 名经验丰富的核医学医师分别对图像进行独立、盲法阅片。2 名医师均对每次图像病灶分析进行 4 分制评分^[3](1 分: 良性; 2 分: 可能良性; 3 分: 可能转移; 4 分: 转移); 评分为 1 或 2 分计为良性病灶, 3 或 4 分计为转移病灶。同一病例 2 名医师诊断不一致时, 以其讨论协商结果为准。

骨转移瘤诊断标准: ① SPECT 显像在椎体表

现为异常放射性浓聚和(或)稀疏区位于椎体和(或)椎弓根, 在长骨及扁骨上沿骨长轴分布。②CT 表现为松质骨和(或)皮质骨单发或多发的片状虫蚀样骨质破坏区, 有或无硬化边, 可伴有软组织肿块形成(溶骨性病变); 松质骨内斑点状、片状或结节状边缘模糊的高密度灶(成骨性病变); 兼有上述 2 种表现者(混合性病变)。③SPECT/螺旋 CT 融合显像上 SPECT 显像示放射性浓聚和(或)稀疏区在 CT 图像上呈溶骨性、成骨性或混合性病变, 部分可表现为 CT 图像无明显异常骨质改变。④SPECT 显像出现异常放射性分布而 CT 未见异常的病灶考虑为早期骨转移灶。

骨良性病变诊断标准: ①SPECT 显像在椎体表现为异常放射性浓聚和(或)稀疏区位于椎小关节、棘突或椎体边缘呈“唇样”异常放射性浓聚, 在长骨及扁骨上呈局限性规则的放射性浓聚点。②CT 表现为皮质骨边缘骨质增生、硬化, 骨质形态无明显变化, 无软组织形成; 骨折时可伴有清晰的骨折线。③SPECT/螺旋 CT 融合显像上 SPECT 显像示放射性浓聚和(或)稀疏区, CT 图像表现为非病理性骨折、骨囊肿、骨岛及其他良性骨肿瘤性病变(骨质增生、硬化、骨赘形成、椎体压缩及其他退行性病变等), 未见溶骨性和(或)成骨性改变。

最终确诊依据: ①手术或穿刺病理学确诊; ②SPECT/CT 显像上异常放射性分布区 CT 表现为明显的骨质破坏、软组织肿块形成或松质骨内斑点状、片状或结节状边缘模糊的高密度灶, 经治疗后复查 SPECT/CT 示放射性浓聚程度改变, 或出现多发骨转移; ③未给予任何治疗, 随访 6 个月以上临床资料及经复查 CT、MRI 或 SPECT/CT 确诊。

1.5 统计学处理

采用 SPSS 17.0 软件进行统计学分析。分别计算 SPECT、CT 及 SPECT/CT 融合显像的灵敏度、特异度、准确率、阳性预测值、阴性预测值; ROC 曲线分析各图像诊断方式的效能, 以曲线下面积(area under curve, AUC) >0.5 表示具有诊断效能, 其值越接近于 1 表示诊断效能越高。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

64 例恶性肿瘤患者的 96 个可疑病灶(其中 34 例患者为单发病灶, 28 例患者有 2 个病灶, 2 例患

者有3个病灶),最终确诊为骨转移瘤58个(其中4个病灶经病理学证实,35个病灶初次的SPECT/CT显像表现为明显的示踪剂分布异常伴骨质破坏、软组织肿块形成,19个病灶经6个月以上临床及影像学随访证实);非转移性骨良性病变38个(全部经临床随访证实,其中9个病灶为椎体压缩骨折,18个病灶为肋骨骨折,11个病灶为退行性改变)。

SPECT、CT和SPECT/CT融合显像对可疑病灶诊断的灵敏度、特异度、准确率、阳性预测值及阴性预测值见表1。

对96个可疑病灶进行4分制评分,为评价SPECT、CT和SPECT/CT融合显像对可疑病灶的诊断效能绘制ROC曲线,见图1;ROC曲线分析见表2。其中SPECT图像分析方法对可疑骨转移灶诊断具有一定价值(AUC为0.710, $P=0.001$);CT显像诊断准确率高SPECT(AUC为0.897, $P=0.000$);SPECT/CT显像对可疑骨转移灶诊断效能的准确率高SPECT及CT(AUC为0.956, $P=0.000$)。

3 讨论

恶性肿瘤常发生骨转移,文献报道其发生率约为30%~70%^[4]。早期诊断骨转移有助于疾病的分期、治疗计划的制定、治疗效果及预后评价。全身骨显像诊断骨转移瘤的灵敏度高,一次显像可显示全身骨骼,是诊断及随访骨转移瘤的首选方法,但其反映的是病灶局部骨代谢(成骨的活跃程度)状况,而非骨转移瘤体,因此特异性不高^[5]。SPECT断层显像有效避免了组织重叠的干扰,提高了影像分辨率,降低了假阴性率^[6]。CT影像有较高的组织分辨率和软组织对比度,能够清晰显示骨皮质及骨小梁的改变,但对骨质形态及密度发生明显变化的早期骨转移灶诊断效率较低。本研究中有2例患

表2 SPECT、CT和SPECT/CT图像对可疑骨转移病灶诊断效能的受试者工作特征曲线分析

Table 2 Results of receiver operating characteristic analysis of SPECT, CT and SPECT/CT imaging in the diagnosis of possible bone metastases

显像方法	曲线下面积	标准误	P值	95%可信区间	
				下限	上限
SPECT	0.710	0.054	0.001	0.604	0.817
CT	0.897	0.031	0.000	0.837	0.957
SPECT/CT	0.956	0.020	0.000	0.918	0.994

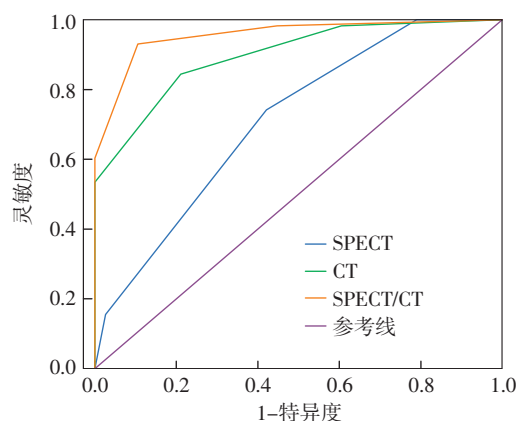


图1 SPECT、CT和SPECT/CT显像对可疑骨转移病灶诊断效能的受试者工作特征曲线

Fig.1 Receiver operating characteristic curve for SPECT, CT and SPECT/CT in the diagnosis of possible bone metastases

者的2个病灶(1个病灶位于腰椎,1个病灶位于肋骨)CT未见明显骨质密度及形态改变,但SPECT显像呈明显放射性浓聚,随访6个月后均出现骨质破坏,证实为骨转移瘤。配有诊断级螺旋CT的SPECT/CT可针对全身骨显像的异常放射性分布区进行融合显像,将SPECT显示局部功能改变的特点和CT的解剖图像有机地结合起来,大大提高了诊断的灵敏度、特异度及准确率,且能够对骨转移瘤的类型(溶骨性、成骨性或混合性)加以鉴别,从而制定针对骨转移瘤的合理治疗方案。

Zhao等^[7]对125例恶性肿瘤患者的共141个骨骼病灶进行分析研究,同时获得SPECT图像、CT图像以及SPECT/CT融合图像,CT图像以及SPECT/CT断层融合图像对于恶性肿瘤骨转移灶的灵敏度分别为82.5%、

表1 SPECT、CT和SPECT/CT显像对可疑骨转移病灶的诊断效能

Table 1 Efficacy of SPECT, CT and SPECT/CT imaging in the diagnosis of possible bone metastases

显像方法	诊断	最终确诊(例数)		灵敏度 (%)	特异度 (%)	准确率 (%)	阳性预测值 (%)	阴性预测值 (%)
		转移	非转移					
SPECT	转移	43	16	74.1	57.9	67.7	72.9	59.5
	非转移	15	22					
CT	转移	49	8	84.5	78.9	82.3	86.0	76.9
	非转移	9	30					
SPECT/CT	转移	54	5	93.1	86.8	90.6	91.5	89.2
	非转移	4	33					

93.7%以及98.4%；特异度分别为66.7%、80.8%以及93.6%；准确率分别为73.8%、86.5%以及95.7%。本研究中的64例患者共96个病灶，SPECT、CT以及SPECT/CT断层融合图像诊断的灵敏度分别为74.1%、84.5%以及93.1%；特异度分别为57.9%、78.9%以及86.8%；准确率分别为67.7%、82.3%以及90.6%，与文献报道^[7]相近，SPECT/CT较CT及SPECT具有较高的灵敏度、特异度及准确率。

Utsunomiya等^[8]研究了SPECT/CT融合显像对可疑骨转移灶的诊断价值，结果表明，SPECT/CT融合图像较SPECT及CT具有较高的诊断效能（ROC曲线下面积分别为0.771、0.885及0.968）。Sharma等^[9]通过绘制ROC曲线比较SPECT、CT及SPECT/CT融合显像对肺癌患者可疑骨转移灶的诊断价值，研究认为，CT及SPECT/CT融合显像相比SPECT均具有较高的诊断效能，而单纯行CT扫描可节省检查时间。本研究结果显示，SPECT/CT融合图像、CT及SPECT图像对全身平面显像发现的可疑病灶诊断均具有一定准确性（ $P=0.000$ 、 0.000 、 0.001 ），而SPECT/CT融合显像诊断效能最高，其次为CT，再次为SPECT（ROC曲线下面积分别为0.956、0.897、0.710）。

SPECT/CT在临床广泛应用中最需要考虑的是诊断级螺旋CT所带来的辐射剂量增加的问题。患者进行SPECT检查时接受的辐射主要来自放射性核素释放的 γ 射线，而行SPECT/CT检查时除接受来自放射性核素释放的 γ 射线外还要接受同机螺旋CT所发射的X射线，诊断级螺旋CT扫描不可避免增加患者的辐射剂量。国际辐射防护委员会（ICRP）推荐在医疗诊断获益与CT扫描所造成的潜在辐射风险问题上应予以平衡，从而使患者获益最大化^[10]，因此我们认为在SPECT显像发现可疑病灶或需要了解病灶详细解剖信息的情况下行同机诊断级螺旋CT检查不失为一种合理的选择，且SPECT/CT检查时在满足临床诊断需求的情况下尽可能缩小CT扫描范围，从而可有效减少辐射剂量。若为提高SPECT显像质量而行X线衰减校正及仅需对SPECT图像提供解剖定位时建议使用低剂量CT，可有效减少辐射剂量，符合辐射防护实

践正当化及最优化原则。

综上所述，SPECT/CT融合显像可使主要反映骨代谢活跃程度的SPECT与反映解剖结构的CT图像实现优势互补，对全身骨显像上发现的可疑病灶具有较高的诊断效能。SPECT/CT融合显像虽可导致有效剂量增加，但通过合理确定显像方案，在常规显像发现可疑病灶基础上行CT检查并缩小CT扫描范围等方法可有效减少有效剂量，从而使患者获益最大化，其临床应用前景广阔，值得推广。

参 考 文 献

- [1] Palmedo H, Marx C, Ebert A, et al. Whole-body SPECT/CT for bone scintigraphy: diagnostic value and effect on patient management in oncological patients[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2014, 41(1): 59-67.
- [2] 朱广文, 张延军, 杜雪梅, 等. ^{99m}Tc -MDP SPECT/CT 骨显像诊断恶性肿瘤骨转移的价值[J]. 中华核医学杂志, 2005, 25(6): 335-336.
- [3] Zhang Y, Shi H, Cheng D, et al. Added value of SPECT/spiral CT versus SPECT in diagnosing solitary spinal lesions in patients with extraskelatal malignancies[J]. Nucl Med Commun, 2013, 34(5): 451-458.
- [4] 李林, 赵祯, 郭兴. 恶性肿瘤骨转移影像学诊断[J]. 中华核医学杂志, 2006, 26(5): 315-318.
- [5] 董科, 石洪成, 刘江, 等. SPECT/CT 显像在肿瘤骨转移同一病灶动态随访中的价值[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2013, 33(3): 199-202.
- [6] 杜晓庆, 郁春景, 万卫星. 骨转移瘤影像学早期诊断现状及进展[J]. 中华核医学杂志, 2009, 29(6): 429-431.
- [7] Zhao Z, Li L, Li F, et al. Single photon emission computed tomography/spiral computed tomography fusion imaging for the diagnosis of bone metastasis in patients with known cancer[J]. Skeletal Radiol, 2010, 39(2): 147-153.
- [8] 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[J]. Radiology, 2006, 238(1): 264-271.
- [9] Sharma P, Kumar R, Singh H, et al. Indeterminate lesions on planar bone scintigraphy in lung cancer patients: SPECT, CT or SPECT-CT?[J]. Skeletal Radiol, 2012, 41(7): 843-850.
- [10] International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 105. Radiological protection in medicine[J]. Ann ICRP, 2007, 37(6): 1-63.

（收稿日期：2014-11-07）