

其他内分泌疾病

DOI:10.13406/j.cnki.cyx.001874

碳-11 胆碱 PET/CT 显像在原发性甲状旁腺功能亢进 疑难病例术前定位诊断中的应用研究

刘轶敏¹, 党永红¹, 霍力¹, 胡亚², 王鸥¹, 刘赫³, 常晓燕⁴,刘宇¹, 吕京桥¹, 邢小平⁵, 李方¹, 廖泉²

(中国医学科学院北京协和医学院、北京协和医院;1. 核医学科,核医学分子靶向诊疗北京市重点实验室;

2. 基本外科;3. B 超科;4. 病理科;5. 内分泌科,北京 100730)

【摘要】目的:探讨碳-11 胆碱(¹¹C-choline)PET/CT 对原发性甲状旁腺功能亢进(primary hyperparathyroidism, PHPT)疑难病例术前定位诊断价值。**方法:**临床诊断 PHPT 拟采取手术治疗的患者 92 例[男 21 例, (54.2 ± 14.1)岁],B 超及 ^{99m}Tc-MIBI 显像后定位困难。静脉注射 111~333 MBq(3~9 mCi)¹¹C-choline,20 min 后行 PET/CT 显像,采用视觉及定量方法分析图像,以病理为金标准,与血清学检查结果对照,采用 IBM SPSS 23 进行统计分析。**结果:**92 例患者 ¹¹C-choline PET/CT 显像共检出病灶 103 个,分别为甲状旁腺腺瘤或增生(83 个)、甲状旁腺瘤或其转移灶(5 个)、肺神经内分泌瘤(4 个)、结节性甲状腺肿(7 个)和甲状腺髓样癌转移灶(4 个),其中强阳性 86 个,弱阳性 17 个;未检出病灶 2 个,分别为甲状旁腺瘤囊性变和甲状旁腺组织,总体诊断灵敏度、特异性、准确性、阳性预测值和阴性预测值分别为 98.9%、6.3%、84.8%、85.4%、50.0%。78 个 PHPT 强阳性病灶平均最大标准摄取值(standard uptake value, SUV_{max})及与甲状腺 SUV 比值(SUV ratio, SUV_R)均明显高于 10 个 PHPT 弱阳性病灶[3.95 (2.77, 7.73) vs. 2.60 (1.95, 4.42), $P=0.036$; 1.72 (1.43, 2.42) vs. 1.19 (1.11, 1.51), $P=0.002$]。PHPT 与非 PHPT 组显像结果与血 PTH($P=0.115$)、血钙($P=0.217$)、血磷($P=0.901$)无关。**结论:**¹¹C-choline PET/CT 显像可用于原发性甲状旁腺旁腺亢进术前定位诊断,灵敏度高,但特异性差,需注意与结节性甲状腺肿及恶性肿瘤鉴别。

【关键词】原发性甲状旁腺功能亢进;碳-11 胆碱;正电子发射断层显像/CT**【中图分类号】**R445.5**【文献标志码】**A**【收稿日期】**2018-10-10

Value of ¹¹C-choline positron emission tomography/computed tomography in preoperative localization diagnosis of difficult cases of primary hyperparathyroidism

Liu Yimin¹, Dang Yonghong¹, Huo Li¹, Hu Ya², Wang Ou¹, Liu He³, Chang Xiaoyan⁴,Liu Yu¹, Lü Jingqiao¹, Xing Xiaoping⁵, Li Fang¹, Liao Quan²

(1. Department of Nuclear Medicine, Beijing Key Laboratory of Molecular Targeted Diagnosis and Therapy

in Nuclear Medicine; 2. Surgery Department; 3. Ultrasound Department;

4. Pathology Department; 5. Endocrine Department, Peking Union Medical College (PUMC) Hospital,

Chinese Academy of Medical Science & PUMC)

【Abstract】Objective: To investigate the value of ¹¹C-choline positron emission tomography/computed tomography (PET/CT) in the pre-**作者介绍:**刘轶敏, Email: liuyim999@163.com

研究方向: 甲状旁腺功能亢进症的核医学定位诊断。

通信作者:霍力, Email: huoli@pumch.cn。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(编号:81571713);首都特色发展基金转化医学资助项目(编号:2016-2-40115);中国医学科学院医学与健康科技创新工程重大协同创新资助项目(编号:2016-12M-4-003, 2017-12M-1-001)及北京协和医院创新团队资助项目(编号:2016)。

优先出版: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20181106.0931.006.html>
(2018-11-06)

operative localization diagnosis of difficult cases of primary hyperparathyroidism (PHPT). **Methods:** A total of 92 patients with PHPT (including 21 male patients aged 54.2 ± 14.1 years) who planned to undergo surgical treatment and had difficulties in localization after ultrasound and ^{99m}Tc-MIBI were enrolled. PET/CT was performed at 20 minutes after the intravenous injection of 111~333 MBq (3~9 mCi) ¹¹C-choline. Visual and quantitative methods were used for image analysis, and with pathological results as the gold standard, PET/CT findings were

compared with the results of serological examination. IBM SPSS 23 was used for statistical analysis. **Results:** A total of 103 lesions were detected by ^{11}C -choline PET/CT in 92 patients, among which there were 83 lesions of parathyroid adenoma or hyperplasia, 5 lesions of parathyroid carcinoma or its metastatic lesions, 4 lesions of pulmonary neuroendocrine tumor, 7 lesions of nodular goiter, and 4 lesions of metastatic lesions of medullary thyroid carcinoma; 86 lesions were strongly positive and 17 were weakly positive. One lesion of cystic degeneration of parathyroidoma and one of parathyroid tissue were not detected. ^{11}C -choline PET/CT had an overall sensitivity of 98.9%, a specificity of 6.3%, an accuracy of 84.8%, a positive predictive value of 85.4%, and a negative predictive value of 50%. The 78 strongly positive lesions of PHPT had significantly higher maximum standard uptake value (SUV_{max}) and standardized uptake value (SUV) ratio than the 10 weakly positive lesions (SUV_{max} : 3.95 (2.77, 7.73) vs. 2.60 (1.95, 4.42), $P=0.036$; SUV ratio: 1.72 (1.43, 2.42) vs. 1.19 (1.11, 1.51), $P=0.002$). There were no significant differences between the PHPT group and the non-PHPT group in blood PTH, serum calcium, and serum phosphate ($P=0.115, 0.217$, and 0.901). **Conclusion:** ^{11}C -choline PET/CT can be used for preoperative localization diagnosis of PHPT, with a high sensitivity and a poor specificity. The differentiation of PHPT from nodular goiter and malignant tumor should be taken seriously in clinical practice.

【Key words】primary hyperparathyroidism; ^{11}C -choline; positron emission tomography/computed tomography

原发性甲状旁腺功能亢进 (primary hyperparathyroidism, PHPT) 是一种常见的内分泌疾病, 因甲状旁腺腺瘤、增生的甲状旁腺组织及甲状旁腺癌病灶分泌甲状旁腺激素 (parathormone, PTH) 增高所致。手术切除功能亢进的甲状旁腺组织是 PHPT 治疗主要手段, 采用单侧还是双侧颈部探查术, 需依靠术前影像学检查结果。B 超和 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 甲状旁腺双时相显像 (包括 SPECT/CT) 是临床广泛使用的术前定位方法, 敏感性 53%~92%^[1-3], 当两者术前定位诊断结果不一致时, 常采用双侧颈部探查术, 较单侧手术创伤及喉返神经损伤率均增高^[4-5], 因此术前准确定位成为临床医生关注的问题。

^{11}C -choline PET/CT 显像常被用于前列腺癌及脑胶质瘤^[6-9]诊断, 有报道认为可用于分化好的肝细胞肝癌的诊断^[10-11], 因其参与细胞卵磷脂合成进而参与细胞膜合成。增生的甲状旁腺组织细胞存在细胞增殖和卵磷脂合成增多情况^[6, 12], 因此本研究初步探讨增生的甲状旁腺组织对 ^{11}C -choline 的摄取情况, 进而探讨 ^{11}C -choline PET/CT 用于辅助定位诊断原发性甲状旁腺功能亢进的临床价值。

1 资料与方法

1.1 病人筛选

本研究队列患者 92 例, 均满足如下纳入及排除标准。纳入标准: 临床诊断为 PHPT; 血清学检查包括 PTH、血钙和磷;

均行 2 个及以上常规定位影像学检查, 包括颈部 B 超、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 甲状旁腺双时相单光子显像和 (或) $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI SPECT/CT 显像; 常规影像学检查结果不一致; 均于 ^{11}C -choline PET/CT 显像后 1 周至 8 个月内行手术治疗, 有术后病理结果, 根据 HE 染色法进行病理诊断。排除标准: 常规显像检查结果一致; 术后 PTH 水平下降 < 50%; 未行手术; 无病理结果。

1.2 ^{11}C -choline PET/CT 显像方法

^{11}C -choline 由本中心制备, RDS111 回旋加速器 (Siemens, Germany) 生产 ^{11}C - CO_2 , 利用碳多功能合成模块 (派特生物技术有限公司) 合成 ^{11}C -Choline, 放化纯度 > 95%。患者静脉注射 111~333 MBq (3~9 mCi) ^{11}C -choline, 20 min 后行颈胸部 2~3 床位局部 PET/CT 显像 (3 min/床位), PET/CT 为 SIEMENS Biograph64 PET/CT, PET 原始数据重建为 2 次迭代, 8 个子集, TrueX 模型, 放大倍数 1.0, 应用散射及衰减校正, 同机低剂量 CT 图像采集条件为 30~70 mA, 120 kV, 层厚 5 mm, 螺距 pitch 0.8。

1.3 ^{11}C -choline PET/CT 图像分析

两位有经验的核医学医师, 首先采用视觉分析法将病灶分为阳性和阴性病灶。阳性病灶包括强阳性和弱阳性 2 种, CT 均可见软组织密度影, PET 影像中病灶放射性摄取高于正常甲状腺组织则为强阳性病灶, 低于或等于甲状腺组织则为弱阳性, 如病灶位于甲状腺周围至上纵隔, 则放射性摄取与甲状腺相近即为强阳性。PET 与 CT 均无阳性发现则为阴性病灶。再对阳性病灶进行定量分析, 根据放射性摄取增高部位勾画感兴趣区 (region of interesting, ROI) 测量记录病灶最大 SUV 值 (SUV_{max}), 以在对侧甲状腺上相等直径球形 ROI 为本底测量平均 SUV 值 (SUV_{mean}), 计算 SUV 比值 (SUV ratio, SUVR)。

1.4 统计学方法

采用 IBM SPSS 23 软件进行统计分析。所有数据以均值 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 形式表达, 所有定量资料分析前先做正态性检验及方差齐性检验, 若为正态分布且方差齐, 则采用参数检验方法进行检验 (t 检验或方差分析), 否则采用非参数检验, 两组之间比较用 M-W 检验, 检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 病人临床资料

符合纳入及排除标准的患者共 92 例, 男性 21 例, 女性 71 例, 年龄 (54.2 ± 14.1) 岁, 体质指数 (24.7 ± 4.3) kg/m^2 。实验室检查: 血 PTH 为 (316.2 ± 407.5) pg/mL , 血钙为 (2.76 ± 0.35) mmol/L , 血磷为 (0.81 ± 0.19) mmol/L 。

2.2 ^{11}C -choline PET/CT 显像与手术及病理结果的关系

92 例患者单发病灶者 82 例, 多发者 10 例, PET/CT 阳性 90 例, 阴性 2 例, 根据 ^{11}C -choline PET/CT 显像结果, 80 例行单侧颈部探查术, 9 例双侧颈部探查术, 1 例患者行胸骨后异位甲状旁腺病灶切除, 2 例行肺叶楔形切除, 术后 PTH 水平下降 $>50\%$, 多于 1~2 d 后出院。

与病理结果对照, PET/CT 共检出 103 个病灶, CT 直径为 (13.4 ± 6.5) mm , 未检出 2 个, 其中一位患者经历过 2 次甲状腺手术, 仅残余部分左叶甲状腺, 病理为少许甲状旁腺组织及甲状腺组织; 另一位患者病灶为甲状旁腺囊肿, 约 $5.5 \text{ cm} \times 3 \text{ cm}$ 的囊性病变, 血 PTH、钙和磷分别为 140.1 pg/mL 、 2.74 mmol/L 和 0.68 mmol/L , B 超与 MIBI 显像均为阴性, 因肿瘤穿刺结果阳性行手术切除, 病理为甲状旁腺腺瘤。根据病理结果, 甲状旁腺瘤或增生的甲状旁腺组织以及甲状旁腺癌患者确定 PHPT 诊断阳性, 余则为阴性, 结果见表 1。 ^{11}C -choline PET/CT 显像对 PHPT 总体诊断灵敏度、特异性、准确性、阳性预测值和阴性预测值分别为 98.9%、6.3%、84.8%、85.4%、50.0%。

90 例患者中有 20 例在非甲状腺部位发现异常浓聚灶, 病理分别为甲状旁腺瘤或其转移灶 3 例, 甲状旁腺增生或腺瘤 14 例 (其中 2 个病灶伴囊性变), 肺神经内分泌瘤 2 例, 甲

状腺髓样癌淋巴结转移 1 例 (4 个病灶)。除甲状腺髓样癌患者病灶为弱阳性 1 例外, 余 19 例均为强阳性 19 例, SUV_{max} 和 SUVR 分别是 (5.75 ± 4.30) 和 (2.45 ± 1.45)。

2.3 ^{11}C -choline PET/CT 显像结果分析

与病理结果对照, 本组研究中共 86 例 PHPT 患者, 甲状旁腺腺瘤或增生患者 80 例, 甲状旁腺癌 5 例, 1 例甲状旁腺瘤未显像, 共显示病灶 88 个。78 个病灶为强阳性 (图 1 上排所示), 平均 SUV_{max} 为 $3.95 (2.77, 7.73)$ [SUV_{mean} 为 $2.23 (1.62, 3.45)$], SUVR 为 $1.72 (1.43, 2.42)$; 弱阳性病灶 10 个 (图 1 下排所示), SUV_{max} 为 $2.60 (1.95, 4.42)$ [SUV_{mean} 为 $1.95 (1.69, 2.97)$], SUVR 为 $1.19 (1.11, 1.51)$ 因不符合正态分布, 使用非参数 M-W 检验, 两者 SUV_{max} 统计结果为 $Z=-2.098, P=0.036$, 两者 SUVR 统计结果为 $Z=-3.155, P=0.002$, 强阳性病灶的 SUV_{max} 与 SUVR 明显高于弱阳性病灶, 差异有统计学意义, 病灶大小分别为 $0.85 (0.70, 1.45)$ 和 $1.20 (0.90, 1.60) \text{ cm}$, 差异无统计学意义 ($Z=-1.753, P=0.080$)。

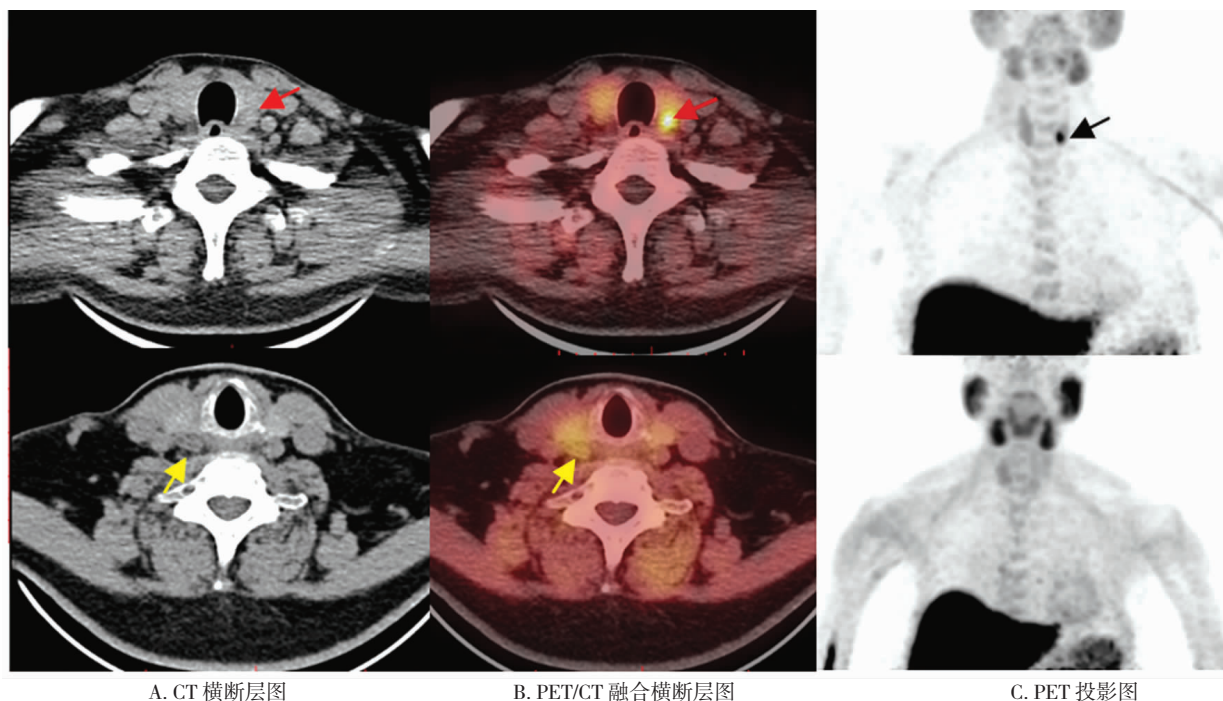
非 PHPT 患者 6 例, 除 1 例 1 个病灶未显影外, 其余 5 例共显示强阳性病灶 8 个, SUV_{max} 为 $2.19 (1.20, 4.47)$, SUVR 为 $1.83 (1.15, 2.42)$ 。弱阳性病灶 7 个, SUV_{max} 为 $5.05 (4.03, 5.16)$, SUVR 为 $0.73 (0.58, 0.74)$ 。与 PHPT 组患者比较, 非 PHPT 组强阳性病灶发生率 $50.0\% (8/16)$, PHPT 组为 $87.6\% (78/89)$, 非 PHPT 组与 PHPT 组强阳性病灶 SUV_{max} 和 SUVR 不符合正态分布, 使用非参数 M-W 检验, PHPT 组 SUV_{max} 为 $3.95 (2.77, 7.73)$, 非 PHPT 组 SUV_{max} 为 $2.19 (1.20, 4.47)$ ($Z=-2.067, P=0.039$), 差异有统计学意义; PHPT 组 SUVR 为 $1.72 (1.43, 2.42)$, 非 PHPT 组 SUVR 为 $1.83 (1.15, 2.42)$ ($Z=-0.258, P=0.796$), 差异无统计学意义。非 PHPT 组弱阳性病灶发生率为 $43.8\% (7/16)$, PHPT 组为 $11.2\% (10/89)$, SUV_{max} [$5.05 (4.03, 5.16) / 2.60 (1.95, 4.42)$], $Z=-1.838, P=0.066$, 差异无统计学差异, 但 PHPT 组 SUVR [$1.19 (1.11, 1.51) / 0.73 (0.58, 0.74)$] 高于非 PHPT 组, 差异有统计学意义 ($Z=-2.546, P=0.011$)。

2.4 ^{11}C -choline PET/CT 显像结果与血清学关系

比较 ^{11}C -choline PET/CT 显像阳性患者, PHPT 组 85 例, 非 PHPT 组 5 例, 血 PTH、钙、磷因不符合正态分布, 使用非

表 1 ^{11}C -choline PET/CT 显像结果与病理结果诊断 PHPT 对照表

显像结果		病理结果	
阳性（103）	强阳性（86）	PHPT阳性（89）	PHPT阴性（16）
		甲状旁腺腺瘤或增生（73）	结节性甲状腺肿（4）
	弱阳性（17）	甲状旁腺癌或甲状旁腺癌转移灶（5）	肺神经内分泌瘤（4）
		甲状旁腺腺瘤或增生（10）	结节性甲状腺肿（3）
阴性（2）			甲状旁腺癌转移灶（4）
		甲状旁腺腺瘤（囊性病変）（1）	甲状旁腺和甲状腺组织（1）



上排:强阳性病灶(黑色及黄色箭头所示),位于甲状腺左叶下极后方;下排:弱阳性病灶(黄色箭头所示),位于甲状腺右叶中上部后方

图 1 ^{11}C -choline PET/CT 图像视觉诊断

参数 $M-W$ 检验,血 PTH 为 181.4(117.4,301.0)/153.3(62.8,182.3) pg/mL ($Z=-1.577, P=0.115$);血钙为 2.72(2.59,2.87)/2.57(2.34,2.83) mmol/L ($Z=-1.233, P=0.217$);血磷为 0.85(0.70,0.97)/0.80(0.60,1.02) mmol/L ($Z=-0.125, P=0.901$),均无统计学差异。

85 例 ^{11}C -choline PET/CT 显像阳性 PHPT 患者(88 个病灶),以病理诊断甲状腺腺瘤或增生或腺癌为准,77 例为单发病灶,8 例多发。单发病灶与多发病灶患者血 PTH、钙、磷不符合正态分布,使用非参数 $M-W$ 检验。单发者血 PTH 为 181.4(114.0,304.9) pg/mL,多发者 176.0(126.6,260.5) pg/mL ($Z=-0.008, P=0.994$),差异无统计学意义。单发患者血钙 2.72(2.61,2.87) mmol/L,多发患者 2.72(2.52,2.99) mmol/L ($Z=-0.045, P=0.964$),差异无统计学差异。单发患者血磷 0.84(0.70,0.96) mmol/L,多发患者 0.97(0.61,1.02) mmol/L ($Z=-0.745, P=0.456$),差异无统计学差异。如果有一个病灶显像为强阳性即判定为该病例强阳性,则强阳性 PHPT 患者 75 例,弱阳性病例 10 例。不符合正态分布,使用非参数 $M-W$ 检验,强阳性病例 PTH[186.0(120.4,302.0) pg/mL]高于弱阳性病例[159.4(109.9,229.9) pg/mL] ($Z=-0.955, P=0.340$),但差异没有统计学意义,强阳性病例血钙[2.74(2.60,2.87) mmol/L]与弱阳性病例[2.64(2.54,2.92) mmol/L]持平 ($Z=-0.553, P=0.581$),强阳性病例血磷[0.85(0.68,0.96) mmol/L]水平与弱阳性病例[0.91(0.72,1.00) mmol/L]持平 ($Z=-0.608$,

$P=0.543$),差异无统计学差异。

3 讨论

^{11}C -choline PET/CT 显像诊断甲状旁腺瘤^[13],目前仅有少量文献报道,样本量不大,且大部分文献为手术与穿刺病理同时作为诊断标准,由于穿刺结果可能导致病理结果的不准确性直接影响其研究结果可信度。本研究样本量大(92 例患者,105 个病灶),所有病灶均有手术病理结果作为检验 ^{11}C -choline PET/CT 显像方法金标准,可信度高于其他文献报道。

本研究入组患者大部分为 PTH、血钙、磷异常并不显著,临床症状并不严重者,临床常规使用的 B 超及 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 定位检查方法容易发生问题, ^{11}C -choline PET/CT 显像定位诊断 PHPT 的高灵敏度(98.9%),较强的准确性和阳性预测值(84.8%,85.4%),对这部分患者的再甄别可以起到良好的补充诊断作用。尽管 ^{11}C 的半衰期较短,费用较高,不易列为常规检查项目,但在有条件的单位应该积极推广。需注意 PHPT 病灶对 ^{11}C -choline 的摄取程度

存在差异,大部分表现为强阳性(87.6%),少部分也可以有弱阳性(11.2%)的表现,囊性变后则更易出现阴性结果。从显像原理上讲,这可能与细胞增殖活跃程度、增殖细胞数量和在病灶中的分布密度有关。进一步分析 ^{11}C -choline PET/CT 显像与血清学结果关系,发现患者血 PTH、血钙和血磷的变化与 ^{11}C -choline PET/CT 显像检出病灶的数量及浓聚程度并无明显相关性,提示血清学检查不能反映功能亢进的甲状旁腺组织细胞数量与增殖活跃程度。

^{11}C -choline PET/CT 显像对 PHPT 定位诊断特异度低,仅为 6.3%,可能原因是受本研究中阴性病例数量少因素影响,更主要的原因是与 ^{11}C -choline 显像原理有关。作为广谱肿瘤显像剂,任何组织细胞膜合成活跃都会导致 ^{11}C -choline 异常浓聚而被检出。因此,结节性甲状腺肿、来源于甲状腺及肺部的恶性肿瘤均对 ^{11}C -choline 有摄取,强阳性的发生率可达 50.0%,但临床对弱阳性病灶的解释应该更慎重,因为非 PHPT 病灶的发生率(43.8%)是 PHPT 病灶(11.2%)的近 4 倍。参考血清学指标似乎对 PHPT 与非 PHPT 的鉴别诊断无明显帮助,2 组患者血 PTH[181.4 (117.4, 301.0)/153.3 (62.8, 182.3)]、钙[(2.72(2.59, 2.87)/2.57(2.34, 2.83)]、磷[0.85(0.70, 0.97)/0.80(0.60, 1.02)]均无统计学差异。

综上所述, ^{11}C -choline PET/CT 显像可以解决大部分 PHPT 疑难病例术前定位诊断问题,尤其对颈部 B 超和 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 甲状旁腺双时相显像结果不一致的患者,准确性和阳性预测值可达到 80%以上,有较高的临床应用价值。但需注意它并不是 PHPT 病灶定位诊断的特异方法,特别是对弱阳性病灶的判断要更慎重。另外临床实践中对囊性病灶高度怀疑 PHPT 病灶的患者,诊断应该以穿刺病理结果为准。

参 考 文 献

[1] 周 前,徐竞英,刘世贞. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 显像定位诊断功能亢进性异位甲状旁腺[J]. 中华核医学杂志,2003,23(1):24-26.

- [2] Lo CY, Lang BH, Chan WF, et al. A prospective evaluation of pre-operative localization by technetium-99m sestamibi scintigraphy and ultrasonography in primary hyperparathyroidism[J]. Am J Surg, 2007, 193(2):155-159.
- [3] Ciappuccini R, Morera J, Pascal P, et al. Dual-phase $^{99\text{m}}\text{Tc}$ sestamibi scintigraphy with neck and thorax SPECT/CT in primary hyperparathyroidism: a single-institution experience[J]. Clin Nucl Med, 2012, 37(3):223-228.
- [4] Rude RK. Hyperparathyroidism[J]. Otolaryng Clin North Am, 1996, 29(4):663-679.
- [5] Ozbas S, Pain S, Tang T, et al. Surgical management of primary hyperparathyroidism—results of a national survey[J]. Ann R Coll Surg Engl, 2003, 85(4):236-241.
- [6] Hara T, Kosaka N, Kishi H. PET imaging of prostate cancer using carbon-11-choline[J]. J Nucl Med, 1998, 39(6):990-995.
- [7] Li X, Liu Q, Wang M, et al. C-11 choline PET/CT imaging for differentiating malignant from benign prostate lesions[J]. Clin Nucl Med, 2008, 33(10):671-676.
- [8] Castellucci P, Fuccio C, Nanni C, et al. Influence of trigger PSA and PSA Kinetic on ^{11}C -choline PET/CT detection rate in patients with biochemical relapse after radical prostatectomy[J]. J Nucl Med, 2009, 50(9):1394-1400.
- [9] Kato T, Shinoda J, Nakayama N, et al. Metabolic assessment of gliomas using ^{11}C -methionine, ^{18}F -fluorodeoxyglucose, and ^{11}C -choline positron-emission tomography[J]. Am J Neuroradiol, 2008, 29(6):1176-1182.
- [10] Chotipanich C, Kunawudhi A, Promteangtrong C, et al. Diagnosis of hepatocellular carcinoma using C11 choline PET/CT: comparison with F18 FDG, contrast enhanced MRI and MDCT[J]. Asian Pac J Cancer Prev, 2016, 17(7):3569-3573.
- [11] Castilla-Lièvre MA, Franco D, Gervais P, et al. Diagnostic value of combining ^{11}C -choline and ^{18}F -FDG PET/CT in hepatocellular carcinoma[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2016, 43(5):852-859.
- [12] Damle NA, Tripathi M, Behera A, et al. Utility of ^{18}F -choline positron emission tomography/computed tomography in the diagnosis of parathyroid adenoma[J]. Indian J Nucl Med, 2016, 31(3):207-209.
- [13] Marina O, Nanette F, Eyal M, et al. Localization of parathyroid adenoma by ^{11}C -choline PET/CT preliminary results[J]. Clin Nucl Med, 2014, 39(12):1033-1038.

(责任编辑:唐秋姗)