

$^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI 双时相显像在甲状旁腺素增高患者中的应用

池晓华, 王全师, 李贵平, 刘峰, 齐永帅, 杜丽

南方医科大学南方医院核医学科, 广东 广州 510515

摘要: **目的** 探讨 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -甲氧基异丁基异腓(MIBI)双时相显像在高甲状旁腺素(PTH)患者中的应用。**方法** 对73例手术确诊的甲状旁腺功能亢进症患者行 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI双时相平面显像,必要时行全身显像、CT/SPECT/CT断层融合显像。检测患者术前PTH、血清钙、磷离子浓度以及术后血清钙、磷离子浓度,其中60例患者检测术后1周内PTH水平。**结果** 原发性甲状旁腺功能亢进症(PHPT)患者29例,其中27例病理证实甲状旁腺瘤28处, $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI显像阳性病灶27处(诊断敏感性为96.4%,27/28);另2例患者病理证实甲状旁腺增生病灶共3处, $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI显像阳性病灶1处(诊断敏感性为33.3%,1/3); $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI显像对PHPT总的诊断敏感性为90.3%(28/31)。继发性甲状旁腺功能亢进症(SHPT)患者44例,病理确诊甲状旁腺组织增生154处, $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI发现118处浓聚病灶,诊断敏感性为76.6%(118/154)。大部分甲状旁腺瘤放射性浓聚程度高于甲状旁腺增生组织。PHPT以高钙低磷血症为主,SHPT往往血钙升高不明显,但血磷升高明显。患者术后1周内可见PTH不同程度降低。**结论** $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI双时相显像对甲状旁腺瘤的诊断敏感性高于甲状旁腺增生组织;该检查方法能够对功能异常的甲状旁腺组织进行术前定位,有利于提高手术成功率。

关键词: 甲状旁腺功能亢进症;甲状旁腺;MIBI;双时相显像;SPECT/CT

中图分类号: R582.1 R817.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-4152(2017)02-0202-04

DOI: 10.16766/j.cnki.issn.1674-4152.2017.02.006

The diagnostic value of $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI double phase scintigraphy in patients with hyperparathyroidism CHI Xiaohua, WANG Quan-shi, LI Gui-ping, et al. Department of Nuclear Medicine, Nanfang Hospital, Southern Medical University, Guangzhou, Guangdong 510515, China

Abstract: Objective To analyze the diagnostic value of $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -sestamibi (MIBI) double phase scintigraphy in patients with hyperparathyroidism. **Methods** The clinical data of 73 patients with hyperparathyroidism confirmed by surgery pathology were retrospective analyzed. $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI double phase scintigraphy was performed and whole body scan, computerized tomography (CT) or single photon emission computerized tomography/computerized tomography (SPECT/CT) were carried out when necessary. Serum calcium (Ca) and phosphorus (P) were measured for all patients before and after operation. Serum parathyroid hormone level was determined before operation and in most of patients in one week post-operation. **Results** Twenty-nine cases of patients were primary parathyroid hyperthyroidism who undertook $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI double phase scintigraphy, 28 lesions were detected. Thirty-one lesions were found in pathology, 28 were hyperplasia parathyroid adenoma and 3 were parathyroid hyperplasia. The sensitivity of $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI imaging for primary hyperparathyroidism lesions diagnosis was 90.3% (28/31). In 44 cases with secondary parathyroid function hyperthyroidism, there were 154 lesions with parathyroid hyperplasia confirmed by pathology, and 118 lesions were detected by $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI imaging. The sensitivity for parathyroid hyperplasia diagnosis was 76.6% (118/154). In parathyroid adenoma with positive imaging, most of the tumors were clearly visualized with intensely radioactive concentration in tumor, and most patients characterized by hypercalcemia and hypophosphatemia. While in patients with parathyroid hyperplasia the radioactive concentration in hyperplastic tissue was mild and far lower than that in parathyroid adenoma. Although, there was not obvious increasing of serum calcium, significantly elevated serum phosphorus was observed in patients with parathyroid hyperplasia. However, in both of patients with parathyroid adenoma and parathyroid hyperplasia, the level of serum parathyroid hormone was decreased after operation in one week. **Conclusion** $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI had higher diagnosis sensitivity in parathyroid adenoma than parathyroid hyperplasia, and it's helpful in the discovery of ectopic parathyroid tissue and its preoperative localization.

Key words: Hyperparathyroidism; Parathyroid; MIBI; Double phase scintigraphy; SPECT/CT

甲状旁腺功能亢进症是临床上一种相对常见的内分泌疾病,患者以钙磷代谢异常、甲状旁腺素水平升高为特点,但由于临床表现多样化,患者早期往往无明显特征性症状而误诊,手术仍是该病主要的治疗方法。颈部B超、电子计算机断层扫描(CT)、 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -甲氧基异

丁基异腓(MIBI)双时相显像等影像检查有利于病灶术前定位,尤其是对于异位甲状旁腺组织的术前定位,单光子发射型计算机断层显像(SPECT)与CT融合显像(SPECT/CT)能够提高病灶定位的准确性。本文回顾性分析我院近8年来行甲状旁腺显像并经手术确诊的73例患者,评价 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI双时相显像在原发性甲状旁腺功能亢进症(PHPT)、继发性甲状旁腺功能亢进症(SHPT)患者中的应用价值,报道如下。

基金项目: 2013年南方医院院长基金(2013C021); 2014年广东省科技计划项目(2014A020212181)

通信作者: 李贵平, E-mail: gp-li@21cn.com

1 资料与方法

1.1 临床资料 回顾性分析 194 例行⁹⁹Tc^m-MIBI 双时相甲状旁腺静态显像的患者,其中行手术治疗的 73 例患者纳入本研究。患者临床首诊分别为高钙血症、骨骼疼痛、骨质疏松、变异性骨炎、外伤后骨折、反复胰腺炎发作、肾结石、肾功能不全或不明原因甲状旁腺素(PTH)增高,男性 29 例,女性 44 例,年龄 13~73 岁,平均年龄 43.88 岁。

1.2 主要仪器 采用美国 GE Discovery VH SPECT 显像仪。⁹⁹Tc^m-MIBI 由广州市原子高科同位素医药有限公司提供,放化纯度 >95%。

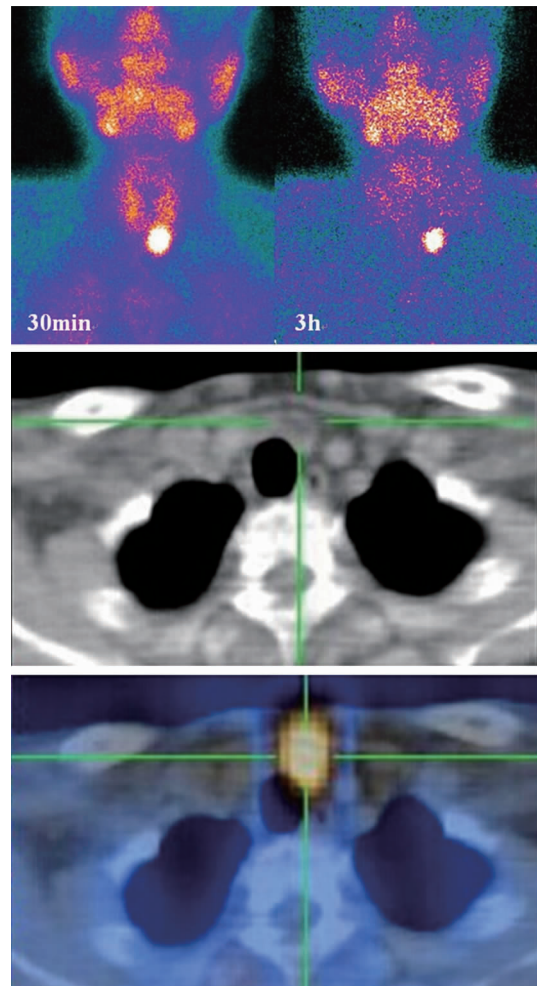
1.3 检查方法 实验室检查:纳入研究的患者均行术前血钙、血磷、PTH 及术后血钙、血磷测定,60 例患者检测术后 1 周内 PTH。PTH 升高的诊断标准为 PTH > 65.00 pg/ml;血钙正常参考值范围为 2.20~2.65 mmol/L;血磷正常参考值范围为 0.81~1.45 mmol/L。

⁹⁹Tc^m-MIBI 双时相显像:患者检查前无需特殊准备。患者静脉注射显像剂⁹⁹Tc^m-MIBI 740 MBq 后 30 min、2~3 h 分别在颈部及前胸部采集早期及延迟期影像,探头采用低能高分辨平行孔准直器,能峰 140 keV,窗宽 20%,采集时间 300 s,矩阵 128×128。怀疑异位甲状旁腺患者需行全身显像,对于⁹⁹Tc^m-MIBI 双时相显像结果考虑异位甲状旁腺者,病灶处行 CT 或 SPECT/CT 显像。影像结果采用视觉分析法,由核医学科 2 位有丰富临床诊断经验的医师进行双盲诊断,诊断结果有差异时由 2 人进一步协商确定。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 20.0 统计软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用配对 *t* 检验,*P* < 0.05 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 原发性甲状旁腺功能亢进症(PHPT)的诊断 确诊 PHPT 患者 29 例,其中 27 例患者病理证实甲状旁腺瘤 28 处,⁹⁹Tc^m-MIBI 甲状旁腺显像发现阳性病灶 27 处,诊断敏感性为 96.4%(27/28);另 2 例患者病理证实甲状旁腺增生 3 处,⁹⁹Tc^m-MIBI 显像仅发现其中 1 例患者 1 处阳性病灶,诊断敏感性为 33.3%(1/3);⁹⁹Tc^m-MIBI 显像在原发性甲状旁腺功能亢进症患者中总的诊断敏感性为 90.3%(28/31)。⁹⁹Tc^m-MIBI 显像提示甲状旁腺瘤病灶放射性浓聚程度较高(见图 1)。在假阴性的 3 处病灶中,甲状旁腺嗜酸细胞腺瘤 1 处,病灶大小为 3.3 cm×3.1 cm×1.7 cm;甲状旁腺增生病灶 2 处,病灶大小分别为 5.2 cm×2.5 cm×0.8 cm、4.0 cm×2.5 cm×1.2 cm,病理提示双侧甲状旁腺增生伴囊变。异位甲状旁腺瘤 3 例(见图 1),2 例病灶位于胸骨上窝,另一例为多发性甲状旁腺瘤(右下甲状旁腺瘤伴上纵隔异位甲状旁腺瘤)。病灶发生部位、SPECT 显像及病理结果见表 1。



注:患者,男,34岁,早期、延迟期⁹⁹Tc^m-MIBI 显像均见甲状腺左侧叶下方局限性放射性浓聚影,SPECT/CT 显像提示浓聚病灶位于胸骨上窝,病理结果为甲状旁腺瘤。

图 1 ⁹⁹Tc^m-MIBI SPECT/CT 显像

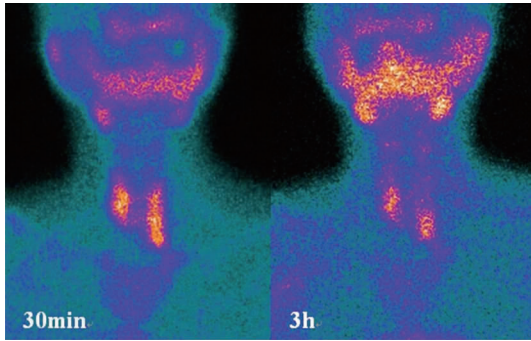
表 1 PHPT 患者病灶分布及病理结果

病变部位	例数	病灶数量	SPECT 显像		病理(病灶数量)
			阳性	阴性	
左上	1	1	1	0	甲状旁腺瘤(n=1)
左下	9	9	8	1 ^a	甲状旁腺瘤(n=8) 甲状旁腺增生(n=1)
右上	4	4	4	0	甲状旁腺瘤(n=4)
右下	11	11	11	0	甲状旁腺瘤(n=11)
双侧	1	2	0	2 ^b	甲状旁腺增生(n=2)
异位(胸骨上窝)	2	2	2	0	甲状旁腺瘤(n=2)
右下、异位(上纵隔)	1	2	2	0	甲状旁腺瘤(n=2)
合计	29	31	28	3	

注:^a 病理结果为甲状旁腺嗜酸细胞腺瘤;^b 病理结果为甲状旁腺增生伴囊变。

2.2 继发性甲状旁腺功能亢进症(SHPT)的诊断 SHPT 患者 44 例,病理确诊甲状旁腺组织增生 154 处,⁹⁹Tc^m-MIBI 发现 118 处浓聚病灶,诊断敏感性为 76.6%(118/154)。SHPT 病灶放射性呈轻度浓聚(见图 2),若甲状旁腺增生组织局部呈腺瘤样改变的情况下,病灶放射性浓聚程度增高。在未行 4 处甲状旁腺全切除的 12 例患者中,2 例患者既往已切除 3 枚甲状旁腺,1 例患者术中仅找到 3 枚甲状旁腺,余患者术中仅行肿大甲状旁腺组织切除。病灶发生部位、SPECT

显像及病理结果见表 2。



注:患者,男,46岁,⁹⁹Tc^m-MIBI 延迟显像提示左下、右上甲状旁腺增生;术后病理提示左上、左下、右上、右下甲状旁腺增生。

图 2 ⁹⁹Tc^m-MIBI 双时相显像

表 2 SHPT 患者病灶分布及病理结果

甲状旁腺切除个数	例数	病灶数量	SPECT 显像		病理(病灶数量)
			阳性	阴性	
4 ^a	32	128	102	26	甲状旁腺增生(n=128)
3 ^b	6	18	8	10	甲状旁腺增生(n=18)
2	2	4	4	0	甲状旁腺增生(n=4)
1	4	4	4	0	甲状旁腺增生(n=4)
合计	44	154	118	36	

注:^a患者中 2 例为甲状旁腺增生伴局部腺瘤样改变;^b患者中 1 例为甲状旁腺增生伴局部腺瘤样改变。

2.3 受检者 PTH、血钙、血磷的代谢情况 所有受检者术前 PTH 水平均升高(1 351.79 ± 908.44) pg/dl; 82.8% (24/29) 的 PHPT 患者存在高钙血症,患者血磷可降低(55.2%, 16/29)、正常(37.9%, 11/29)或者升高(6.9%, 2/29); SHPT 患者仅有 18.2% (8/44) 的患者存在高钙血症,但 88.6% (39/44) 的患者血磷不同程度升高。PHPT 患者术前术后血钙、SHPT 患者术前术后血钙、血磷水平之间差别有统计学意义,见表 3。

表 3 甲状旁腺功能亢进症患者术前、术后血钙、血磷水平的比较($\bar{x} \pm s$, mmol/L)

时间	PHPT(n=29)		SHPT(n=44)	
	钙	磷	钙	磷
术前	3.18 ± 0.48	0.85 ± 0.34	2.40 ± 0.30	2.07 ± 0.59
术后	2.32 ± 0.42	0.85 ± 0.35	2.03 ± 0.42	1.55 ± 0.50
t 值	8.242	-0.076	6.356	6.902
P 值	<0.001	0.940	<0.001	<0.001

2.4 甲状旁腺素(PTH)的术后转归 甲状旁腺功能亢进症患者中有 60 例患者在术后 1 周随访了 PTH。在这 60 例患者中,甲状旁腺瘤、甲状旁腺增生组织切除后 1 周内可见 PTH 不同程度降低。5 例 PHPT 患者术后 PTH 水平仍高于正常水平(>65 pg/dl),其中 1 例合并异位甲状旁腺瘤患者第一次手术仅行右下甲状旁腺切除,第二次手术切除异位甲状旁腺瘤后 PTH 水平降至正常水平;另一例患者合并有急性肾衰、呼吸衰竭及重症肺炎;另 3 例患者行 X 线检查或全身骨显像均提示存在明显代谢性骨病影像改变。SHPT 患者术后 5 例患者 PTH 水平仍高于正常,波动在 80.01 ~ 802.00 pg/dl,其中 1 例术中仅发现 3 处甲状旁腺均行手术切除,术后患者 PTH 802.00 pg/dl,再次行⁹⁹Tc^m-MIBI 双时相显像提示存在异位甲状旁腺,行第二次手

术,患者 PTH 降至正常水平;1 例仅行单个甲状旁腺切除,但患者既往已切除 3 处甲状旁腺;另 3 例患者均行 4 处甲状旁腺切除,但 X 线或 CT 检查提示患者伴有明显的代谢性骨病影像改变。

3 讨论

甲状旁腺功能亢进症在临床上并不少见,但由于缺少特征性临床表现,可就诊于多个科室,易误诊。临床上对于甲状旁腺功能亢进症的诊断主要是依靠血生化检查,即:PTH 升高,血钙、血磷水平异常,手术为该病主要治疗方法,因此,患者术前病灶的定位诊断具有重要的临床意义。

B 超、CT 检查是甲状腺及甲状旁腺病变常用的检查方法,倘若病灶较小或者存在异位甲状旁腺病灶则诊断较为困难。由于甲状旁腺瘤、增生甲状旁腺组织具有摄取⁹⁹Tc^m-MIBI 的能力,SPECT 延迟平面显像或延迟期 SPECT/CT 断层显像可表现为病变区域放射性浓聚,有利于术前对病灶进行定位。术前利用 γ 探测器,按照 20% 的标准,即病变的甲状旁腺组织的放射性计数高于本底的 20% 作为诊断依据,对甲状旁腺瘤的定位准确性高^[1]。对于 PHPT 患者,手术方案的选择存在不同观点。由于 84.1% ~ 92.5% 的甲状旁腺瘤为单发^[2-3],若术中对双侧 4 个甲状旁腺都进行探查,可能会因为过度的解剖暴露而加重甲状旁腺的缺血,为以后的甲状旁腺功能减退留下隐患。放射性核素⁹⁹Tc^m-MIBI 导航下的微创甲状旁腺手术发展至今已经较为成熟,在排除甲状腺疾病干扰、准确定位甲状旁腺病灶的前提下,微创甲状旁腺手术起着越来越重要的作用^[4-5]。异位甲状旁腺瘤发生率可高达 26%,病灶可位于气管沟、甲状腺胸腺区韧带、胸腺上方胸廓入口等处^[2],⁹⁹Tc^m-MIBI 显像有利于发现异位甲旁腺瘤,更能指导手术方案的选择^[6]。在 PHPT 中,我们研究发现异位甲状旁腺瘤发生率为 10.3% (3/29),其中 1 例为多发甲状旁腺瘤(病灶分别位于右下甲状旁腺、上纵隔)患者行二次手术,因此应提高对多发甲状旁腺瘤的认识。在本研究中,⁹⁹Tc^m-MIBI 平面显像对甲状旁腺瘤的诊断敏感性较高,为 96.4% (27/28),其不足之处在于存在假阴性、假阳性。SPECT 平面显像难以发现直径 <1 cm,或重量 <500 mg 的甲状旁腺瘤病灶,但 SPECT/CT 融合显像可以发现直径为 0.7 cm,重量为 200 mg 的小的孤立性甲状旁腺瘤,提高了诊断的敏感性^[3]。本例假阴性的患者病灶直径大于 1 cm,但病理类型为甲状旁腺嗜酸性细胞瘤,影像表现是否与单一的病理类型有关仍需要进一步研究。另一例 PHPT 患者病灶显像为假阴性,病理提示双侧甲状旁腺组织增生伴囊性变,与魏伯俊等报道的甲状旁腺增生伴囊性变导致假阴性的结果一致^[7]。PHPT 患者若同时合并有甲状腺相关疾病,如甲状腺癌、甲状腺癌淋巴结转移灶、结节性甲状腺肿等,病灶亦可以出现⁹⁹Tc^m-MIBI 放射性浓聚^[7]。因此,平面显像发现颈前区或其他甲

状旁腺可能异位的区域出现异常放射性浓聚时,需要排除病灶非甲状旁腺组织来源的可能,避免误诊。

甲状旁腺癌病理诊断较为困难。病理学以肿瘤局部浸润或肿瘤局部淋巴结转移或远处脏器转移为诊断标准^[8],结合免疫组织化学方法检测能够提高甲状旁腺癌诊断敏感性,可以弥补常规病理诊断的不足。鉴于甲状旁腺癌诊断常需要结合临床,病灶对放疗、化疗不敏感,因此临床上首选手术治疗。在本研究中4例甲状旁腺癌病理见肿瘤局部浸润包膜,但未见血管浸润,未见周边组织侵犯及远处转移,仍诊断为甲状旁腺瘤,以肿物切除为主,同时建议加强PTH随访。临床上也常出现无法解释的高PTH情况,¹¹C-胆碱PET/CT显像可作为临床上高PTH、钙磷水平异常而^{99m}Tc-MIBI显像阴性的影像补充方法^[9]。

对于SHPT患者,在原发病灶的刺激下,患者往往出现多个腺体的增生。文献报道^{99m}Tc-MIBI显像对于甲状旁腺增生组织的检出率不一,阳性率为53.3%~66.8%^[10-11],但对于假阴性的增生甲状旁腺组织,其体外放射性计数率仍大于本底放射性计数的20%^[12]。本研究发现,^{99m}Tc-MIBI双时相显像部分直径在1.0~5.5cm的增生组织未见显影,而且对于显影的甲状旁腺增生组织,病灶的放射性浓聚程度往往低于甲状旁腺瘤的放射性浓聚程度,这可能与增生型甲状旁腺组织细胞内的线粒体数量少于腺瘤型组织,以及部分增生组织较小有关,增生甲状旁腺囊性变亦可导致假阴性,这对于以后的诊断工作有重要的临床指导意义。^{99m}Tc-MIBI SPECT/CT融合显像对于甲状旁腺瘤及甲状旁腺增生组织更为敏感,可以发现更小的病灶,有利于术前对病灶进行精准定位^[13-14]。但延迟SPECT/CT融合显像存在的另一个问题是,随着检查时间的延长,放射性的衰减而使得图像的质量下降,检查时间延长难以保证SPECT图像、CT图像两者之间的准确对位,增加显像剂的剂量及使用新一代的SPECT/CT仪器提高检查速度和探测灵敏性可有效解决这一问题。

血钙水平也会影响MIBI在线粒体内的滞留。循环血中Ca²⁺浓度增高可促使细胞排除50%的^{99m}Tc-MIBI^[15]。在1例多发甲状旁腺瘤患者中,第一次^{99m}Tc-MIBI延迟显像上纵隔异位甲状旁腺瘤病灶与周围血池本底放射性比值(T/NT比值)为1.1,血钙水平为3.66mmol/L,患者仅行右下甲状旁腺瘤切除;半年后第二次延迟显像病灶T/NT比值为1.3,血钙水平为2.78mmol/L,再次行手术切除。因此,对于血钙明显升高患者,在做阴性诊断时应充分考虑到这个因素。甲状旁腺瘤切除后10minPTH便可下降50%^[16],因此,若术中监测PTH可有效避免病灶的遗漏。

甲状旁腺功能亢进症患者因血钙水平异常容易出现代谢性骨病,临床上可表现为骨质疏松、骨膜下及软骨下骨吸收、骨质软化、纤维性骨炎、棕色瘤形成等,病变骨易出现病理性骨折。^{99m}Tc-MIBI显像可以发现部分存在代谢性骨病的患者骨组织出现异常放射性摄

取,阳性率与PTH和ALP的水平有关^[17]。我们发现,部分甲状旁腺瘤或甲状旁腺组织增生患者病灶手术切除后PTH下降缓慢,术后3个月仍未能达到正常水平者,往往伴有明显的代谢性骨病。

总之,^{99m}Tc-MIBI显像可以为甲状旁腺功能亢进症患者提供准确的术前定位,改善患者预后,在临床上,特别是微创手术处理上具有重要的临床意义。

参考文献

- [1] Burke JF, Jacobson K, Gosain A, et al. Radioguided parathyroidectomy effective in pediatric patients [J]. *J Surg Res*, 2013, 184(1): 312-317.
- [2] Nichols KJ, Tronco GG, Palestro CJ. Influence of Multigland Parathyroid Disease on ^{99m}Tc-Sestamibi SPECT/CT [J]. *Clin Nucl Med*, 2016, 41(4): 282-288.
- [3] García-Talavera P, Díaz-Soto G, Montes AA, et al. Contribution of early SPECT/CT to ^{99m}Tc-MIBI double phase scintigraphy in primary hyperparathyroidism: Diagnostic value and correlation between uptake and biological parameters [J]. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol*, 2016, 35(6): 351-357.
- [4] Grassetto G, Rubello D. The increasing role of minimal invasive radioguided parathyroidectomy for treating single parathyroid adenoma [J]. *J Postgrad Med*, 2013, 59(1): 1-3.
- [5] 周京安, 贺建业, 李洋. 腔镜辅助微创甲状旁腺腺瘤切除术14例诊治报告 [J]. *中国微创外科杂志*, 2015, 15(3): 238-241.
- [6] 陈隽, 王家东. 应用^{99m}Tc-MIBI术中定位的甲状旁腺切除术治疗继发性甲状旁腺功能亢进的研究 [J]. *中华内分泌外科杂志*, 2012, 6(1): 39-41, 45.
- [7] 魏伯俊, 申虹, 童冠圣, 等. ^{99m}Tc-甲氧基异丁基异腈显像在104例原发性甲状旁腺功能亢进患者诊断中的应用 [J]. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2015, 50(2): 123-126.
- [8] 刘彤华. 诊断病理学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2013: 419-420.
- [9] Traub-Weidinger T, Mayerhoefer ME, Koperek O, et al. C-Methionine PET/CT imaging of Tc-MIBI-SPECT/CT negative patients with primary hyperparathyroidism and previous neck surgery [J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2014; c20141267.
- [10] 张长明, 马欢, 张玉芳. ^{99m}Tc-MIBI断层及同机CT融合显像在继发性甲状旁腺功能亢进术前定位诊断中的价值 [J]. *中华内分泌外科杂志*, 2016, 10(1): 23-25.
- [11] 周洁, 洪智慧, 石怡珍, 等. ^{99m}Tc-MIBI双时相显像定位诊断继发性甲状旁腺功能亢进症的价值 [J]. *中华核医学与分子影像杂志*, 2014, 34(3): 192-195.
- [12] 陈隽, 王家东. 甲状旁腺及其周围组织在^{99m}Tc-MIBI引导的甲状旁腺切除术中放射性差异的研究 [J]. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2012, 47(9): 739-742.
- [13] Tokmak H, Demirkol MO, Alagol F, et al. Clinical impact of SPECT-CT in the diagnosis and surgical management of hyper-parathyroidism [J]. *Int J Clin Exp Med*, 2014, 7(4): 1028-1034.
- [14] 赵敏, 李新辉, 黄金, 等. SPECT/CT在甲状旁腺功能亢进中的诊断价值及其与多种影像学方法的比较 [J]. *中南大学学报(医学版)*, 2015, 40(9): 1016-1022.
- [15] 谭天秩. 临床核医学 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2003: 1015.
- [16] 高珊, 赵瑞力, 徐勤, 等. 原发性甲状旁腺功能亢进患者的外科治疗 [J]. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2013, 48(9): 716-720.
- [17] Zhao Y, Wang Q. Bone uptake of Tc-^{99m}MIBI in patients with hyperparathyroidism [J]. *Ann Nucl Med*, 2014, 4(28): 349-355.

(本文编辑:赵瑞)

收稿日期:2016-08-09