

不同类型甲状旁腺功能亢进症术前行⁹⁹Tc^m-MIBI SPECT/CT 断层显像最佳时机探索

谢亦驰 孔维唯 尤嘉熙 王宁 朱怡蓉 洪智慧 石怡珍

苏州大学附属第二医院核医学科, 苏州 215004

通信作者: 石怡珍, Email: szdrshi88@163.com

【摘要】 目的 分别比较⁹⁹Tc^m-甲氧基异丁基异腈(MIBI)双时相平面显像早期相后或延迟相后加做SPECT/CT断层显像在不同类型甲状旁腺功能亢进症中的诊断效能差异,寻求术前最佳显像时机。方法 回顾性分析2016年1月至2024年6月苏州大学附属第二医院临床诊断为原发性或继发性甲状旁腺功能亢进症并有病理结果的339例患者[男148例、女191例,年龄(52±13)岁]。将患者分成原发性早期断层显像组($n=63$)与延迟断层显像组($n=47$)、继发性早期断层显像组($n=89$)与延迟断层显像组($n=140$)。采用 χ^2 检验比较早期与延迟断层显像的诊断效能差异。结果 原发性延迟与早期断层显像间的准确性[98.40%(185/188)与94.84%(239/252)]的差异具有统计学意义($\chi^2=3.90, P=0.048$)。继发性延迟与早期断层显像间的灵敏度[77.29%(405/524)与85.40%(275/322)]、准确性[75.89%(425/560)与83.99%(299/356)]、阴性预测值[14.39%(20/139)与33.80%(24/71)]的差异具有统计学意义(χ^2 值:8.33, 8.61, 10.70, 均 $P<0.01$)。结论 原发性和继发性甲状旁腺功能亢进症术前双时相平面显像加做断层显像的最佳时机分别为延迟相后和早期相后。

【关键词】 甲状旁腺功能亢进症; ^{99m} 锝甲氧基异丁基异腈; 体层摄影术, 发射型计算机, 单光子; 体层摄影术, X线计算机

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20240527-00177

Exploring the optimal timing of preoperative ⁹⁹Tc^m-MIBI SPECT/CT imaging in different types of hyperparathyroidism

Xie Yichi, Kong Weiwei, You Jiayi, Wang Ning, Zhu Yirong, Hong Zhihui, Shi Yizhen

Department of Nuclear Medicine, the Second Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215004, China

Corresponding author: Shi Yizhen, Email: szdrshi88@163.com

【Abstract】 Objective To compare the diagnostic efficacy of the added ⁹⁹Tc^m-methoxyisobutylisonitrile (MIBI) SPECT/CT imaging (tomography imaging) after early or delayed planar imaging in different types of hyperparathyroidism, and to seek for the optimal timing of preoperative imaging. **Methods** A total of 339 patients (148 males, 191 females, age (52±13) years) with primary or secondary hyperparathyroidism and pathological results from January 2016 to June 2024 in the Second Affiliated Hospital of Soochow University were retrospectively analyzed. The patients were divided into primary early tomography imaging group ($n=63$) and delayed tomography imaging group ($n=47$), secondary early tomography imaging group ($n=89$) and delayed tomography imaging group ($n=140$). χ^2 test was used to compare the diagnostic efficacies of early and delayed tomography imaging. **Results** The difference of accuracy between primary delayed (98.40% (185/188)) and early tomography imaging (94.84% (239/252)) was statistically significant ($\chi^2=3.90, P=0.048$). There were significant differences in sensitivity (77.29% (405/524) and 85.40% (275/322)), accuracy (75.89% (425/560) and 83.99% (299/356)) and negative predictive value (14.39% (20/139) and 33.80% (24/71)) between secondary delayed and early tomography imaging (χ^2 values: 8.33, 8.61, 10.70, all $P<0.01$). **Conclusion** The optimal timing of preoperative ⁹⁹Tc^m-MIBI SPECT/CT imaging for primary and secondary hyperparathyroidism is after delayed planar imaging and after early planar imaging respectively.

【Key words】 Hyperparathyroidism; Technetium Tc 99m sestamibi; Tomography, emission-computed, single-photon; Tomography, X-ray computed

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20240527-00177

甲状旁腺功能亢进症在临床上最常见的类型有原发性甲状旁腺功能亢进症和继发性甲状旁腺功能亢进症2类,可导致体内甲状旁腺激素水平增高、血钙水平失调,从而出现骨骼、泌尿、消化系统等的一

系列临床症状,是第三大常见的内分泌紊乱疾病^[1]。手术切除是唯一根治的方法。多项研究表明,在常规⁹⁹Tc^m-甲氧基异丁基异腈(methoxyisobutylisonitrile, MIBI)双时相平面显像的基础上增加

SPECT/CT 断层显像,能明显提高诊断的灵敏度与准确性,更好地辅助手术治疗,但选择做断层显像的时机各项研究又不尽相同,且未对 2 类不同病因的甲状旁腺功能亢进症进行深入的断层显像时机比较^[2-6]。本研究拟回顾性分析多年来本科室进行的甲状旁腺显像资料,探索原发性与继发性甲状旁腺功能亢进症患者不同断层显像时机的诊断效能差异,为术前检查寻求个性化断层显像方法。

资料与方法

1.研究对象。回顾性分析 2016 年 1 月至 2024 年 6 月间苏州大学附属第二医院临床诊断为原发性或继发性甲状旁腺功能亢进症的 339 例患者资料,其中男 148 例、女 191 例,年龄 18~79(52±13)岁。病例的纳入标准为:(1)临床怀疑甲状旁腺功能亢进症;(2)行⁹⁹Tc^m-MIBI 双时相平面显像及 SPECT/CT 断层显像;(3)显像后行手术治疗。排除标准为:(1)异位甲状旁腺功能亢进症;(2)甲状旁腺功能亢进术后复发。其中 2016 年 1 月至 2020 年 3 月间的 187 例(原发性 47 例、继发性 140 例)采用延迟相加做 SPECT/CT 断层显像,2020 年 4 月至 2024 年 6 月间的 152 例(原发性 63 例、继发性 89 例)采用早期相加做 SPECT/CT 断层显像。本研究经苏州大学附属第二医院伦理审查委员会审核批准(批文号:JD-HG-2024-009),并豁免患者知情同意。

2.显像方法。静脉注射显像剂⁹⁹Tc^m-MIBI(上海欣科医药有限公司,放化纯>95%)740 MBq。采用德国 Siemens 公司双探头 SPECT/CT(Symbia T6,Intevo Boid),配备低能高分辨率平行准直器。分别于注射显像剂后 15 min 及 2.5 h 行早期及延迟颈部前位平面显像,能峰 140 keV,窗宽 20%,采集矩阵 512×512,放大倍数 3.2,采集计数 1×10⁶。于早期或延迟平面显像后加做 SPECT/CT 断层显像,SPECT 采集矩阵 128×128,放大倍数 1,连续采集 360°,双探头各旋转 180°,步进 6°,20 s/帧;CT 采集范围包括颅底至胸骨角,电压 130 kV,管电流 100~150 mA,重建层厚 2.0 mm;利用 syngo MI Applications 软件处理获得 SPECT/CT 断层图像。

3.图像分析。将 339 例病例按原发性与继发性、早期断层与延迟断层分为 4 个组别:原发性早期断层组(63 例)、原发性延迟断层组(47 例)、继发性早期断层组(89 例)、继发性延迟断层组(140 例)。由 2 位高年资核医学科医师分别对上述图像进行独立分析,诊断结论不一致的经讨论得出统一结论。

双时相平面显像结果与 SPECT/CT 断层显像结果相互独立,主要分析 SPECT/CT 断层显像图病灶情况,将甲状旁腺区域孤立软组织结节同时伴有显像剂浓聚判定为阳性。所有患者检查后行手术治疗,对每例患者按双侧共计 4 个甲状旁腺计算,以手术病理结论作为“金标准”判断 SPECT/CT 断层显像的诊断效能。断层显像诊断为甲状旁腺功能亢进且术后病理证实为甲状旁腺腺瘤或增生或癌为真阳性;正常甲状旁腺组织为真阴性;断层显像诊断为亢进而术后病理证实为非甲状旁腺病变(如正常甲状旁腺组织、甲状腺结节、颈部淋巴结等)为假阳性;断层显像未显示亢进而术后病理证实为甲状旁腺病变为假阴性。

4.统计学处理。采用 IBM SPSS Statistics 27.0 软件处理数据。定性资料以频数(百分比)表示,以 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法比较原发性早期与延迟断层显像、继发性早期与延迟断层显像诊断效能的差异, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1.影像结果及手术发现。339 例患者共有 1 356 个甲状旁腺,通过 SPECT/CT 断层显像共发现 815 个阳性病灶,包括单发和多发病灶,个别患者未发现病灶,影像结果为阴性。所有患者行手术治疗,根据影像结果及术中发现,共切除 993 个病灶。具体 4 组断层方案影像结果及手术发现详见表 1。

2.病理结果。手术切除的 993 个病灶中 935 个为甲状旁腺增生病灶,24 个为甲状旁腺腺瘤病灶,1 个为甲状旁腺癌病灶,另有 33 个其他病灶或组织。4 组断层方案手术切除病灶的病理结果见表 2。

3.诊断效能比较。4 组断层方案各自的诊断效能及比较见表 3。原发性延迟与早期断层显像间准确性的差异具有统计学意义($\chi^2 = 3.90, P = 0.048$),延迟相后断层时机更佳,早期相中典型的假阴性及假阳性病例见图 1、2。继发性延迟与早期断层显像间灵敏度、准确性、阴性预测值的差异具有统计学意义(χ^2 值:8.33、8.61、10.70,均 $P<0.01$),早期相后断层时机更佳,延迟相中典型的假阴性病例见图 3。

讨 论

甲状旁腺功能亢进症是一种常见的内分泌系统疾病,导致血中甲状旁腺激素水平升高、血钙失调,引发机体多系统症状和体征^[7-8]。手术切除功能亢进的甲状旁腺组织是治疗这一类疾病的首选方法。

表 1 339 例甲状旁腺功能亢进症患者 4 组断层方案影像结果及手术发现 (例)

病因类型	断层时相	总数	影像结果			手术发现	
			单发	多发	阴性	单发	多发
原发性	早期相	63	57	6	0	55	8
	延迟相	47	45	1	1	46	1
继发性	早期相	89	5	83	1	3	86
	延迟相	140	8	132	0	1	139

表 2 339 例甲状旁腺功能亢进症患者 4 组断层方案手术切除病灶的病理结果 (个)

病因类型	断层时相	总病灶数	病理结果			
			增生	腺瘤	癌	其他病灶或组织
原发性	早期相	73	53	14	0	6 ^a
	延迟相	50	39	7	1	3 ^b
继发性	早期相	329	319	3	0	7 ^c
	延迟相	541	524	0	0	17 ^d

注：^a有 1 个为正常甲状旁腺组织、1 个为淋巴结、2 个为甲状腺腺瘤、2 个为结节性甲状腺肿；^b有 2 个为正常甲状旁腺组织、1 个为甲状腺腺瘤；^c有 1 个为正常甲状旁腺组织、4 个为正常甲状腺组织、2 个为结节性甲状腺肿；^d有 2 个为正常甲状旁腺组织、10 个为正常甲状腺组织、1 个为结节性甲状腺肿、4 个为淋巴结

表 3 339 例甲状旁腺功能亢进症患者 4 组断层方案对 1 356 个甲状旁腺的诊断效能比较

参数	原发性 ^a				继发性 ^a			
	早期相 ^b	延迟相 ^b	检验值	P 值	早期相 ^b	延迟相 ^b	检验值	P 值
灵敏度	92.54% (62/67)	100% (47/47)	-	0.066	85.40% (275/322)	77.29% (405/524)	8.33	0.004
特异性	95.68% (177/185)	97.87% (138/141)	-	0.221	70.59% (24/34)	55.56% (20/36)	1.69	0.193
准确性	94.84% (239/252)	98.40% (185/188)	3.90	0.048	83.99% (299/356)	75.89% (425/560)	8.61	0.003
阳性预测值	88.57% (62/70)	94.00% (47/50)	-	0.247	96.49% (275/285)	96.20% (405/421)	0.04	0.840
阴性预测值	97.25% (177/182)	100% (138/138)	-	0.058	33.80% (24/71)	14.39% (20/139)	10.70	0.001

注：^a甲状旁腺功能亢进症分类，^b平面显像后加做断层显像时机；“-”为 Fisher 确切概率法，仅有 P 值，余检验值为 χ^2 值；括号中为例数比

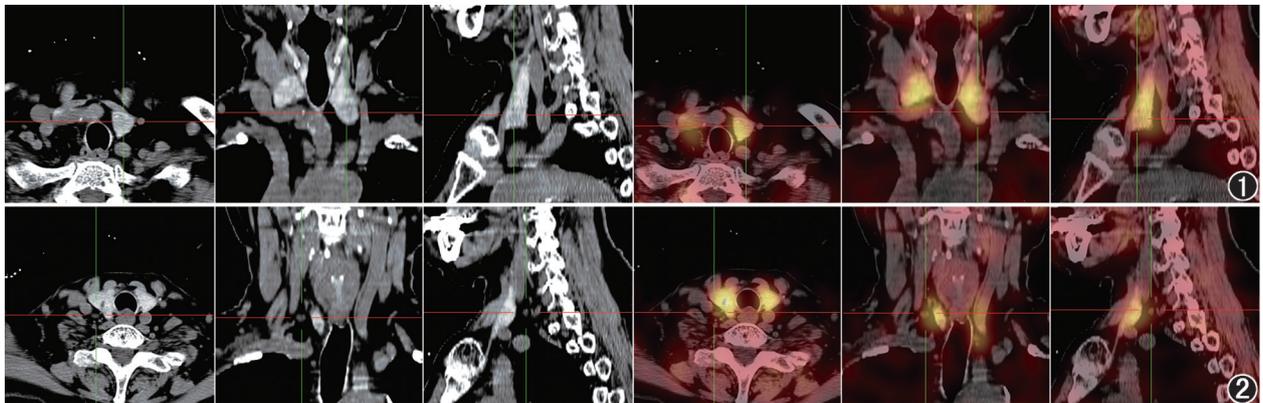


图 1 原发性甲状旁腺功能亢进症 (PHPT) 患者 (女, 74 岁) ⁹⁹Tc^m-甲氧基异丁基异腓 (MIBI) 早期相 SPECT/CT 断层显像图。CT 示甲状腺左叶下极部位较大软组织结节 (十字线相交处), 与甲状腺分界不清, 似包裹于甲状腺内, 密度稍低于甲状腺, 显像剂浓聚程度明显低于正常甲状腺, 诊断为甲状腺内凉结节, 术后病理示甲状旁腺腺瘤, 显像假阴性 **图 2** PHPT 患者 (女, 74 岁) ⁹⁹Tc^m-MIBI 早期相 SPECT/CT 断层显像图。CT 示甲状腺右叶中部背侧一软组织小结节 (十字线相交处), 呈显像剂浓聚, 诊断为功能亢进的甲状旁腺组织, 术后病理示反应性增生的淋巴结, 显像假阳性

为了提高手术成功率, 要求术前检查能提供精确的亢进甲状旁腺数目、部位及与相邻组织结构间的关系。传统的甲状旁腺检查包括超声及 ⁹⁹Tc^m-MIBI 双时相平面显像, 超声的灵敏度和特异性不高^[9], 平面显像无法提供精确的定位及相邻组织结构关系。

有研究指出 SPECT/CT 断层显像能明显提高对亢进甲状旁腺的诊断效能, 并能提供清楚的解剖定位信息^[10]。但如何选择合适的时机 (平面显像早期相后或延迟相后) 加做 SPECT/CT 断层显像研究甚少。本科室 2020 年 4 月前均采用延迟相加做断层显像,

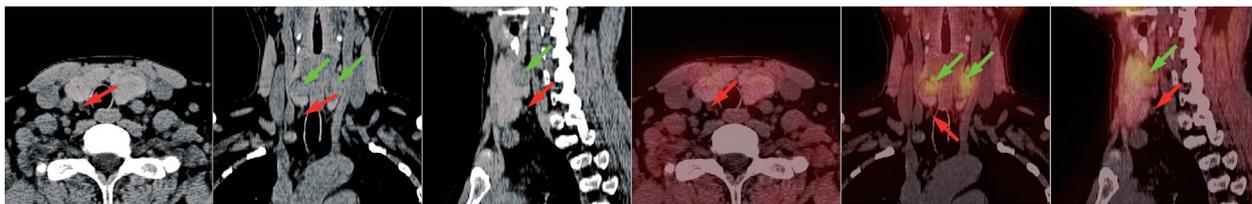


图3 继发性甲状旁腺功能亢进症(SHPT)患者(女,47岁) $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -甲氧基异丁基异腓(MIBI)延迟相SPECT/CT断层显像图。CT示甲状腺两叶上极背侧较大软组织结节(绿箭头示),呈明显显像剂浓聚,诊断为功能亢进的甲状旁腺组织,术后病理示甲状旁腺增生;于甲状腺右叶下极背侧见一软组织小结节(红箭头示),断层图未见显像剂浓聚,诊断为淋巴组织,术后病理示甲状旁腺增生,显像假阴性

2020年4月开始参考既往研究[6]改为早期相加做断层显像。上述研究样本量较少(46例)^[6],具有局限性。本研究在积累了相对较大的样本量(339例)后进行回顾性分析,分别对原发性及继发性甲状旁腺功能亢进症进行不同时相显像诊断效能的比较,以寻求更好的断层显像的时机。

功能亢进的甲状旁腺组织内由于嗜酸性粒细胞中线粒体丰富,代谢旺盛,能够摄取较多的 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI^[11],且线粒体内 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI滞留时间较长^[12]。功能亢进的甲状旁腺组织的病理类型主要有增生、腺瘤及癌。增生病灶内线粒体较腺瘤或癌相对较少,病灶洗脱 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI的速度也相对较快^[13]。体积较小的增生病灶内线粒体亦相对较少,洗脱 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI的速度也相对较快。由上可知,甲状旁腺功能亢进症患者若为腺瘤或癌,或以较大增生病灶为主的,延迟显像不会因为 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI较快从病灶内洗脱而导致假阴性;相反,若以较小增生病灶为主的,因 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI洗脱较早,延迟显像易产生较多假阴性。本研究中,原发性甲状旁腺功能亢进症患者所切除的114个病理阳性病灶中有21个腺瘤病灶及1个癌病灶,其余为增生病灶;继发性甲状旁腺功能亢进症患者所切除的846个病理阳性病灶中仅3个腺瘤病灶,其余全部为增生病灶,原发性与继发性甲状旁腺功能亢进症病理类型与大小的分布情况与Jiang等^[14]的研究一致。虽然 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI洗脱速度主要受病灶病理类型、大小等因素影响,但病理类型术前无法得知且同一患者会包含不同的病理类型及病灶大小,故日常工作中无法在检查前对患者进行病理类型或大小的分类,本研究最终选择按原发性及继发性进行分类。

本研究结果显示,原发性甲状旁腺功能亢进症在平面显像延迟相后做SPECT/CT断层显像的,没有假阴性(0/47),病灶含较多腺瘤,增生病灶以大病灶为主,没有出现 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI的早期洗脱。而在早期相后做SPECT/CT断层显像的患者却出现了5个假阴性病灶,其中4个为较小的增生灶(<1 cm),与

甲状腺分界不清,甲状腺内大量的显像剂浓聚影响了对病灶内放射性分布情况的判断;另1个为甲状旁腺腺瘤,其与甲状腺同样分界不清,甲状腺及腺瘤内放射性分布均较高,误判为甲状腺的结节(图1)。此外延迟相后与早期相后断层显像的假阳性病灶分别为3个及8个,假阳性病灶为正常甲状旁腺组织、甲状腺病变或反应性增生的淋巴结,结节较小,离甲状腺较近或与甲状腺分界不清,甲状腺内较高的放射性影响了结节内放射性分布的判断(图2)。假阴性及假阳性之间的差异导致了延迟相或早期相后加做SPECT/CT断层显像的诊断效能的差异,本研究中两者在准确性方面的差异具有统计学意义($P<0.05$)。

对于继发性甲状旁腺功能亢进症,本研究结果显示,在延迟相后加做SPECT/CT断层显像的假阴性率为22.71%(119/524),在早期相后加做则为14.60%(47/322)。继发性甲状旁腺功能亢进症以多发增生小病灶为主, $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI早期洗脱的比例明显增多,因此延迟相后出现较多假阴性(图3)。同时,本研究中延迟相后加做断层显像的假阳性达44.44%(16/36),而早期相后则为29.41%(10/34),假阳性病灶为结节性甲状腺肿、伴钙化的甲状腺组织、甲状腺腺瘤或正常甲状旁腺组织,甲状腺的病变会增加 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI的摄取^[15],洗脱时间也会相应延长,延迟相后甲状腺内的高摄取可能会被判定为亢进的甲状旁腺,导致假阳性增多。假阴性及假阳性之间的差异导致了延迟相或早期相后加做SPECT/CT断层显像的诊断效能的差异,本研究中两者在灵敏度、准确性与阴性预测值方面的差异均具有统计学意义(均 $P<0.01$)。

本文的局限性在于本研究为单中心、回顾性研究,仅入组有手术病理结果的患者;对原发性甲状旁腺功能亢进症,本研究的样本量相对较少,可能存在样本量较少导致结论不可靠的问题,若患者同时做早期和延迟断层进行自身对照比较,结论会更具可比性,后期本团队针对原发性甲状旁腺功能亢进症

可采用自身对照进一步研究。而继发性甲状旁腺功能亢进症样本量较多,早期和延迟断层结果差异较大,结论较可靠。

综上所述, ^{99m}Tc -MIBI 双时相平面显像后加做 SPECT/CT 断层显像有助于甲状旁腺功能亢进症患者的术前病灶定位诊断。本研究结果为以疾病类型为向导,为个性化选择断层显像时机提供了一定的科学依据;提示对于继发性甲状旁腺功能亢进症,断层显像最佳时机为平面显像早期相后加做,而原发性甲状旁腺功能亢进症,平面显像延迟相后加做断层显像时机可能更佳。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 谢亦驰:研究实施、数据分析、论文撰写;孔维唯:统计学分析;尤嘉熙:数据采集;王宁、朱怡蓉:材料支持;洪智慧:技术支持;石怡珍:研究指导、论文修改

参 考 文 献

- [1] Cetani F, Marcocci C, Torregrossa L, et al. Atypical parathyroid adenomas: challenging lesions in the differential diagnosis of endocrine tumors [J]. *Endocr Relat Cancer*, 2019, 26(7): R441-R464. DOI:10.1530/ERC-19-0135.
- [2] 陈则君,薛勤,付晶晶,等.基于 SPECT/CT 甲状旁腺显像同机 CT 评估慢性肾脏病继发性甲状旁腺功能亢进症主动脉弓钙化的初步应用[J].中华核医学与分子影像杂志, 2023, 43(4): 226-229. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20211025-00369.
Chen ZJ, Xue Q, Fu JJ, et al. Preliminary application of CT on accessing aortic arch calcification during parathyroid SPECT/CT in patients with renal secondary hyperparathyroidism [J]. *Chin J Nucl Med Mol Imaging*, 2023, 43(4): 226-229. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20211025-00369.
- [3] 陈正国,刘启榆,吴春燕,等. SPECT/CT 融合显像在继发性甲状旁腺功能亢进症中的临床价值[J].中国临床医学影像杂志, 2019, 30(3): 169-173. DOI:10.12117/jcemi.2019.03.005.
Chen ZG, Liu QY, Wu CY, et al. The diagnostic value of ^{99m}Tc -sestamibi SPECT/CT in secondary hyperparathyroidism [J]. *J Chin Clin Med Imaging*, 2019, 30(3): 169-173. DOI:10.12117/jcemi.2019.03.005.
- [4] 张莹莹,韩娜,武凤玉,等. ^{99m}Tc -MIBI SPECT/CT 显像在原发性甲状旁腺功能亢进症术前诊断中的价值及影响因素[J].中华核医学与分子影像杂志, 2021, 41(6): 345-349. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200408-00142.
Zhang YY, Han N, Wu FY, et al. Value of ^{99m}Tc -MIBI SPECT/CT imaging in preoperative diagnosis of primary hyperparathyroidism and its influencing factors [J]. *Chin J Nucl Med Mol Imaging*, 2021, 41(6): 345-349. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200408-00142.
- [5] 魏瑶,张青,张庆,等. ^{99m}Tc -MIBI SPECT/CT 显像在甲状旁腺功能亢进症的术前诊断价值[J].中国临床医学影像杂志, 2023, 34(4): 234-237. DOI:10.12117/jcemi.2023.04.002.
Wei Y, Zhang Q, Zhang Q, et al. Preoperative diagnostic value of ^{99m}Tc -MIBI SPECT/CT imaging in hyperparathyroidism [J]. *J Chin Clin Med Imaging*, 2023, 34(4): 234-237. DOI:10.12117/jcemi.2023.04.002.
- [6] 华茜,巢琳,倪建明,等. SPECT/CT 对甲状旁腺功能亢进症病灶术前定位扫描方案的优化[J].中华核医学与分子影像杂志, 2018, 38(5): 320-324. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2018.05.004.
Hua Q, Chao L, Ni JM, et al. Optimization of SPECT/CT scan schemes in localizing preoperative parathyroid lesions [J]. *Chin J Nucl Med Mol Imaging*, 2018, 38(5): 320-324. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2018.05.004.
- [7] Rizk Y, Saad N, Arnaout W, et al. Primary hyperparathyroidism in older adults: a narrative review of the most recent literature on epidemiology, diagnosis and management [J]. *J Clin Med*, 2023, 12(19): 6321. DOI:10.3390/jcm12196321.
- [8] Hiramitsu T, Hasegawa Y, Futamura K, et al. Treatment for secondary hyperparathyroidism focusing on parathyroidectomy [J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2023, 14: 1169793. DOI:10.3389/fendo.2023.1169793.
- [9] 邓茂雪,舒巧巧,陈跃,等.双时相 ^{18}F -FCH PET/CT 显像在尿毒症性甲状旁腺功能亢进症中的应用价值[J].中华核医学与分子影像杂志, 2023, 43(9): 528-532. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20220419-00116.
Deng MX, Shu QQ, Chen Y, et al. Dual-phase ^{18}F -fluorocholine PET/CT imaging in uremic hyperparathyroidism [J]. *Chin J Nucl Med Mol Imaging*, 2023, 43(9): 528-532. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20220419-00116.
- [10] Petranović O, Čariček P, Giovanella L, Carrió Gasset I, et al. The EANM practice guidelines for parathyroid imaging [J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2021, 48(9): 2801-2822. DOI:10.1007/s00259-021-05334-y.
- [11] Morris MA, Saboury B, Ahlman M, et al. Parathyroid imaging: past, present, and future [J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2022, 12: 760419. DOI:10.3389/fendo.2021.760419.
- [12] Jorna FH, Hollema H, Hendrikse HN, et al. P-gp and MRP1 expression in parathyroid tumors related to histology, weight and ^{99m}Tc -sestamibi imaging results [J]. *Exp Clin Endocrinol Diabetes*, 2009, 117(8): 406-412. DOI:10.1055/s-0028-1105925.
- [13] Palestro CJ, Tomas MB, Tronco GG. Radionuclide imaging of the parathyroid glands [J]. *Semin Nucl Med*, 2005, 35(4): 266-276. DOI:10.1053/j.semnuclmed.2005.06.001.
- [14] Jiang SQ, Yang T, Zou Q, et al. The role of ^{99m}Tc -MIBI SPECT/CT in patients with secondary hyperparathyroidism: comparison with ^{99m}Tc -MIBI planar scintigraphy and ultrasonography [J]. *BMC Med Imaging*, 2020, 20(1): 115. DOI:10.1186/s12880-020-00517-9.
- [15] 王海涛,赵红光,李群,等.甲状旁腺 ^{99m}Tc -MIBI 假阳性及假阴性原因分析及治疗对策[J].中华普通外科杂志, 2020, 35(7): 579-580. DOI:10.3760/cma.j.cn113855-20190522-00274.
Wang HT, Zhao HG, Li Q, et al. Analysis of the causes of false-positive and false-negative parathyroid ^{99m}Tc -MIBI and therapeutic countermeasures [J]. *Chin J Gen Surg*, 2020, 35(7): 579-580. DOI:10.3760/cma.j.cn113855-20190522-00274.

(收稿日期:2024-05-27)