

放射性核素显像在甲状旁腺功能亢进症中的应用

郑玉民 颜珏

【摘要】 甲状旁腺功能亢进症(HPT)是由于甲状旁腺本身病变或继发于各种原因所致甲状旁腺激素分泌过多的一类内分泌疾病,其主要根据病史和生化检查来确诊,目前最有效的治疗方法是外科手术切除亢进的甲状旁腺组织或腺瘤,可用于术前定位诊断的影像学方法主要有放射性核素显像、超声、CT、MRI等。该文主要针对HPT放射性核素显像进行综述。

【关键词】 甲状旁腺功能亢进症;放射性核素显像

Application of radionuclide imaging in hyperparathyroidism ZHENG Yu-min, YAN Jue. Department of Nuclear Medicine, China-Japan Friendship Hospital, Beijing 100029, China

Corresponding author: YAN Jue, Email: yanjue3@163.com

【Abstract】 Hyperparathyroidism (HPT) is overactivity of the parathyroid glands resulting in excess production of parathyroid hormone. Excessive parathyroid hormone secretion may be due to problems in the glands themselves, or may be secondary HPT. The diagnosis is mainly based on the patient's medical history and biochemical tests. The best treatment nowadays is surgical removal of the overactive parathyroid glands or adenoma. The imaging methods for the preoperative localization diagnosis include radionuclide imaging, ultrasonography, CT, MRI, etc. This article was a summary of HPT radionuclide imaging.

【Key words】 Hyperparathyroidism; Radionuclide imaging

甲状旁腺一般有4个腺体,紧密附在甲状腺左右两叶的背面内侧,正常甲状旁腺呈椭圆形,长5~7 mm、宽3~4 mm,质量为40~60 mg。甲状旁腺可产生甲状旁腺激素(parathyroid hormone, PTH),该激素在钙、磷代谢平衡及骨骼代谢等方面起着重要作用。PTH可直接作用于骨骼,促进钙的吸收;也可直接作用于肾脏,刺激钙的重吸收以及1, 25-二羟维生素D的合成。

甲状旁腺功能亢进症(hyperparathyroidism, HPT)是由于甲状旁腺本身病变或继发于各种原因所致的PTH分泌过多的一种内分泌疾病,可分为原发性甲状旁腺功能亢进症(primary hyperparathyroidism, PHT)、继发性甲状旁腺功能亢进症(secondary hyperparathyroidism, SHPT)和三发性甲状旁腺功能亢进症(tertiary hyperparathyroidism, THPT)。PHT是由于甲状旁腺腺瘤、增生或腺癌所引起PTH合成、分泌过多,通过其对骨和肾的作用,导致高钙血症和低磷血症。其中,甲状旁腺腺瘤约占85%,绝大多数为单个病灶,且多位于下极的甲状旁腺,6%~

10%的甲状旁腺腺瘤可向下异位位于纵隔内,腺瘤的体积一般较小,质量为0.5~5.0 g,但也可大至10~20 g,有完整的包膜,其中主要是主细胞,有时从组织学上与增生不易区分;约10%的病例为甲状旁腺增生,常累及4个腺体,外形不规则,无包膜,其中主要也是主细胞,但有时增生的组织周围可形成假包膜,易误认为多发性甲状旁腺腺瘤;甲状旁腺癌较为少见,伴有功能亢进的甲状旁腺癌占2%以下。SHPT是由于各种原因所致的低钙血症,其刺激甲状旁腺增生、肥大,分泌过多的PTH,最常见于肾功能不全、骨软化症。THPT是指在SHPT的基础上,由于腺体受到持久的刺激,部分增生组织转变为腺瘤,自主地分泌过多的PTH而导致的病变,临床上较为少见。

治疗HPT的惟一确切有效的措施就是外科手术,所以术前定位诊断极为重要,本文主要针对HPT放射性核素显像进行综述。

1 常见的HPT放射性核素显像方法

1.1 $^{201}\text{Tl}/^{99\text{m}}\text{TcO}_4$ 双核素减影显像法

$^{201}\text{Tl}/^{99\text{m}}\text{TcO}_4$ 双核素减影显像法是20世纪80年代早期出现的、第一个被广泛认可的显像方法^[1]。

^{201}Tl 是一种与钾类似的无机阳离子, 起初被用于心肌灌注显像, 其摄取机制主要是通过细胞膜的钠钾泵主动转运进入细胞内。甲状旁腺和甲状腺组织都能摄取 ^{201}Tl , 但 $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ 只被甲状腺摄取而不被甲状旁腺所摄取, 因此, 在患者位置相同的情况下, 用 ^{201}Tl 图像减去 $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ 甲状腺图像就能显示甲状旁腺病灶。应用此法显像时, 最好先做 ^{201}Tl 显像, 再做 $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ 显像, 因为 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 的康普顿散射可以进入 ^{201}Tl 的能窗范围内, 影响 ^{201}Tl 显像质量; 并且两次显像的患者位置及条件应尽量一致。Basso 等^[2]报道, $^{201}\text{Tl}/^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ 双核素减影法对质量 $<300\text{ mg}$ 的腺瘤的灵敏度仅为 20%, 对质量 $>1250\text{ mg}$ 的腺瘤的灵敏度为 76%。Hauty 等^[3]对 49 例 HPT 患者术前 $^{201}\text{Tl}/^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ 双核素减影显像进行了回顾性研究, 结果: 总体灵敏度为 78%, 总体准确率为 73%。

鉴于 ^{201}Tl 为回旋加速器生产, 不易获得, 且其主要能谱为 68 ~ 80 keV, 能量偏低, 图像质量不佳, 半衰期为 73 h, 时间过长, 人体辐射吸收剂量相对较高, 故目前应用较少。

1.2 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 显像

1989 年, Coakley 等^[4]首先报道了将 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 用于甲状旁腺显像。由于具有更好的图像质量及更高的准确性, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 迅速取代 ^{201}Tl 成为最常用的显像剂。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 通过被动转运方式进入细胞内, 具有更大的跨膜负电位, 主要结合在细胞线粒体内。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 显像有多种方式, 最常见的是 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 双时相法, 即注射 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 后约 15 min 行早期显像, 1.5 ~ 3 h 后再行延迟显像, 其原理是基于甲状腺对 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 的清除明显快于功能亢进的甲状旁腺。病变甲状旁腺富含具有丰富线粒体的嗜酸性细胞, 而线粒体是 MIBI 在细胞内的主要结合部位, 因此, MIBI 在功能亢进的甲状旁腺病灶中的滞留时间相对较长^[5]。双时相法简单易行, 但是一些甲状旁腺病灶并不滞留 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI, 而一些甲状腺病灶、颈部淋巴结却摄取并滞留 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI, 因此, 会造成一些假阴性和假阳性。

2008 年, Tomas 等^[6]在 49 例患者 54 个病灶的研究中比较了针孔准直器与平行孔准直器对 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI PHT 显像的准确性, 结果发现针孔准直器显像可以减少假阴性, 提高灵敏度: 平行孔准直器显像的灵敏度为 56%, 针孔准直器显像的灵敏度为

89%, 特异度则变化不大, 分别为 93% 和 96%。此外, 与其他影像学检查(超声、CT、MRI 等)相结合也有助于减少假阴性, 提高灵敏度, 其中以超声最为廉价且简便易行, 所以应用最为广泛。De Feo 等^[7]报道, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 对 PHT 显像的灵敏度及特异度分别为 57% 和 85%, 与超声相结合后灵敏度及特异度分别为 96% 和 83%, 阳性预测值和阴性预测值分别为 88% 和 94%。

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI/ $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ 和 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI/ ^{123}I 减影显像法可以降低 HPT 诊断的假阳性率。由于不管甲状腺病灶是良性还是恶性都可能摄取 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI, 同时也摄取 $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ 和 ^{123}I , 因此, 减影法可排除甲状腺的病灶。Hindie 等^[8]报道, 用 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI/ ^{123}I 减影显像法诊断 PHT 可将灵敏度从 79% 提高到 94%, 假阳性率从 10% 降低到 3%。Chen 等^[9]报道, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI/ $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ 减影显像法诊断 HPT 可将灵敏度从 62% ~ 65% 提高到 73% ~ 78%, 且甲状旁腺腺瘤的检出率为 89% ~ 98%。由于 $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ 比 ^{123}I 更易获得, 故其应用更为广泛。

一般认为, HPT^[23] 显像应在双时相法之前进行, 而何时进行 $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ 显像没统一的尺度。对于 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI/ $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ 减影显像法, 则常见的是先行 $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ 甲状腺显像, 然后在静脉注射 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 30 min 后再次显像。

尽管双时相法结合减影技术非常有效, 但也有局限性, 最常见的问题在于甲状腺病灶不摄取或摄取很少的 $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$, 导致减影无效; 有时高度摄取 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 的甲状旁腺病灶也可在 $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ 显像上表现出来而被误认为是甲状腺结节; 另外, 如果甲状旁腺病灶恰好定位于甲状腺病灶的正后方, 那么甲状旁腺病灶摄取的 $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ 的放射性有可能掩盖甲状旁腺病灶摄取的 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 的放射性, 从而产生假阴性。因此, Palestro 等^[10]认为, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI/ $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ 减影法和双时相法结合在一起时, $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ 显像应该在 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI 延迟显像完成之后进行, 这样既能完成双时相采集, 也能完成 SPECT, 而对 $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ 显像没有任何影响。

SPECT 是甲状旁腺平面显像的有利补充, 尽管 Billotey 等^[11]报道, 与平面显像相比, SPECT 对检出功能亢进的甲状旁腺的灵敏度的提高并不明显, 仅从 86% 提高到 90.5%, 因而并非必须行 SPECT, 但毫无疑问, SPECT 对于区分甲状腺病灶

与甲状旁腺病灶有一定的帮助,而且对于检测异位 HPT 病灶是非常有用的。异位 HPT 的发生率约为 25%,尽管异位病灶多数情况下能在平面显像上显示,但 SPECT 提供了更多三维解剖信息以及与周围组织结构的关系,例如骨骼、心脏、血管等。

近年来,关于 HPT SPECT-CT 的报道日益增多。Gayed 等^[12]对 48 例 PHT 患者的研究显示,单独 ^{99m}Tc -MIBI SPECT 证实了 43 个病灶(89%),而 SPECT-CT 多证实了 1 个病灶(2%),其中 4 例(8%)患者的定位更加精确。Neumann 等^[13]对 57 例手术成功的 HPT 患者 $^{123}\text{I}/^{99m}\text{Tc}$ -MIBI 减影法显像研究发现,SPECT 的灵敏度(71%,50/70)和 SPECT-CT 的灵敏度(70%,49/70)未见明显区别,而 SPECT-CT 特异度(96%,26/27)显著高于 SPECT(48%,13/27)。因此,相对于 SPECT 而言,SPECT-CT 能够提供组织密度的差别,而且解剖结构信息更加丰富,利于更精确定位;对异位甲状旁腺病灶的定位和提供解剖信息方面更有优势,不仅能定位诊断甲状旁腺病灶,还能通过不同组织的密度差别很好地与甲状腺病灶进行区分,因为甲状旁腺病灶通常位于甲状腺后方,一些甲状旁腺病灶恰好位于甲状腺病灶的正后方,一般平面显像很难发现,有时 SPECT 也很难区别。

目前,注射 ^{99m}Tc -MIBI 后多长时间进行断层显像仍无统一的标准,Palestro 等^[10]建议在完成早期显像后很快进行,约在注射 ^{99m}Tc -MIBI 后 30 min,因为此时仍有足够的放射性滞留在病灶周围甲状腺组织内,还能够提供必需的解剖信息;而且一些甲状旁腺病灶能较快清除 ^{99m}Tc -MIBI,如果太迟进行断层显像,则将失去显像价值。

1.3 ^{99m}Tc -tetrofosmin 显像

除 ^{99m}Tc -MIBI 外,Ishibashi 等^[14]于 1995 年首先报道,可将 ^{99m}Tc -tetrofosmin 用于甲状旁腺显像, ^{99m}Tc -tetrofosmin 是一种带正电荷的脂溶性二膦络合物,制作过程比 ^{99m}Tc -MIBI 简单,无需煮沸;其主要滞留于细胞质内,但受线粒体膜电位的影响,与 ^{99m}Tc -MIBI 的摄取机制有所不同。2000 年,Hiromatsu 等^[15]对 20 例甲状旁腺腺瘤患者的研究发现, ^{99m}Tc -tetrofosmin 显像的灵敏度为 95%,特异度为 95%;超声、CT、MRI 的灵敏度和特异度分别为 85%、94%、85%和 94%、88%、94%。Fjeld 等^[16]报道, ^{99m}Tc -tetrofosmin 与 ^{99m}Tc -MIBI 对 HPT 的诊断能力几

乎相当。

1.4 ^{11}C -甲硫氨酸显像

1996 年,Sundin 等^[17]首先报道了 ^{11}C -甲硫氨酸 PET 对 32 例 PHT 患者的研究,结果:其对腺瘤定位的阳性率为 85%,无假阳性。另有研究报道,51 例高度疑诊为 PHT 的患者,之前其他影像学检查均未能明确证实病灶,而 ^{11}C -甲硫氨酸 PET 发现阳性 30 例,手术证实均为甲状旁腺腺瘤;真阴性 15 例,其中 6 例为特发性或家族性高钙血症,9 例在随访中证实为继发性甲状旁腺增生;假阴性 6 例,其中 5 例病灶位于下纵隔而显像恰好未包括此范围,1 例病灶异位于胸腺; ^{11}C -甲硫氨酸 PET 对腺瘤诊断的灵敏度为 83%,特异度为 100%,总体准确率为 88%^[18]。Otto 等^[19]在 30 例患者中比较了 ^{11}C -甲硫氨酸 PET 与双时相 ^{99m}Tc -MIBI 显像的灵敏度,结果发现, ^{11}C -甲硫氨酸 PET 对 PHT 患者诊断的灵敏度为 94%,对 SHPT 患者诊断的灵敏度为 70%,而 ^{99m}Tc -MIBI 的总体灵敏度为 50%。由于该研究中的病例具有高度选择性,故不能表明 ^{11}C -甲硫氨酸 PET 一定优于 ^{99m}Tc -MIBI,还需进行更多的研究才可证实;在 ^{99m}Tc -MIBI 阴性或不明确时, ^{11}C -甲硫氨酸将发挥重要价值。同其他影像检查一样, ^{11}C -甲硫氨酸 PET 似乎对甲状旁腺增生灶的灵敏度也相对较低。Weber 等^[20]的研究发现, ^{11}C -甲硫氨酸 PET-CT 对单发甲状旁腺腺瘤的灵敏度为 83%,而对多发腺体病变的灵敏度仅为 67%,即对单发腺瘤的定位诊断比较准确,而对多发腺瘤或甲状旁腺增生的定位诊断相对较困难,且显像阳性率与腺瘤的质量和大小具有显著相关性。

2 影响 HPT 显像的因素

有多种因素可影响 HPT 显像,导致假阳性。最常见的原因是甲状腺良性结节,其他原因有甲状腺癌、淋巴瘤、肿瘤淋巴结转移、淋巴结炎、结节病、棕色瘤等。虽然放射性核素显像在诊断异位 HPT 方面比其他检查更有优势,但也无法避免假阴性的发生,尤其是在极少见的异位于甲状腺内的病灶^[21]。假阴性主要与甲状旁腺病灶的大小、数量、细胞类型及功能有关。

2.1 病灶的大小(质量或体积)

病灶的大小一直被认为是影响 HPT 显像阳性率的最主要原因。Piga 等^[22]报道,双时相 ^{99m}Tc -MIBI

甲状旁腺腺瘤显像阳性者的瘤体平均为 $(3.04 \pm 1.81)\text{cm}^3$, 而显像阴性者的瘤体平均为 $(1.4 \pm 0.5)\text{cm}^3$ 。Weber 等^[20]的研究发现, ^{11}C -氨基酸 PET-CT 阳性率与腺瘤的质量和体积显著相关, 显像阳性者瘤体质量和直径分别平均为 $(2.42 \pm 4.05)\text{g}$ 和 $(2.00 \pm 1.18)\text{cm}$, 而显像阴性者瘤体质量和直径分别平均为 $(0.50 \pm 0.38)\text{g}$ 和 $(0.98 \pm 0.54)\text{cm}$ 。然而有报道发现, 有时较小病灶的 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI 显像呈阳性, 而较大病灶的 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI 显像呈阴性^[21], 表明病灶的大小并非是影响 HPT 显像的惟一原因。

2.2 病灶数

很多 HPT 患者的病灶数不止一个, 有数据表明, $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI 显像在多发病灶的检测中灵敏度较低。Nichols 等^[24]发现, $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI 显像对 PHT 单发病灶的灵敏度为 90%, 特异度为 98%; 对多发病灶的灵敏度为 66%, 特异度为 73%。至于多发病灶的灵敏度低于单发病灶的原因, 目前尚不明确。

2.3 细胞类型和细胞周期

甲状旁腺组织中的不同类型细胞组成比例可能影响显像剂摄取。甲状旁腺主要有两种实质细胞: 主细胞和嗜酸性细胞, 前者线粒体含量很少, 后者线粒体含量丰富。功能亢进的甲状旁腺往往含有更多的嗜酸性细胞, 因此能够摄取更多 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI 和 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -tetrafosmin 等显像剂, 且清除率较慢; 反之, 如果嗜酸性细胞偏少, 则可能导致假阴性。Mihai 等^[25]用 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI 对 122 个甲状旁腺组织分析的结果显示, 当组织中嗜酸性细胞数占 2/3 以上或为嗜酸性细胞、主细胞各占 1/2 时显像的阳性率较高, 分别为 91%(21/23)和 74%(23/31); 而当主细胞数占 2/3 以上时显像的阳性率降低, 仅为 62%(26/68)。

各种显像方法对甲状旁腺增生的灵敏度都低于腺瘤, 其最可能的原因是增生病灶的体积往往小于腺瘤, 通常病灶体积大于 0.5cm^3 , 且为结节性增生时显像易于识别。有研究表明, 至少在 SHPT 患者中, $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI 摄取与甲状旁腺细胞分裂周期比体积更加相关, Torregrosa 等^[26]发现, $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI 高摄取总是与活跃的细胞生长期相关, $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI 显像准确反映了甲状旁腺病灶的功能状态。

2.4 多药耐药现象

多药耐药现象是由于肿瘤细胞内在性耐药或化疗过程中产生的获得性耐药而导致化疗失败的现象。多药耐药现象是由多因子所介导的, 主要包括

药泵 P-糖蛋白(P-glycoprotein, P-gp)和多药耐药相关蛋白(multidrug resistance related protein, MRP)。P-gp 是一种由人多药耐药基因编码的细胞膜脂蛋白, 它能利用 ATP 水解产生的能量将多种化疗药物泵出肿瘤细胞而导致耐药。MIBI 和 tetrafosmin 与许多化疗药物一样, 它们也是 P-gp 的转运底物, 能被过度表达的 P-gp 或 MRP 泵出细胞。这两种显像剂的摄取与 P-gp 表达的相关性研究已在多种肿瘤中进行, 包括功能亢进的甲状旁腺。Kao 等^[27]报道, 8 个表达 P-gp 或 MRP 的腺瘤 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI 显像均为阴性, 而另外 39 个均未表达两种蛋白的腺瘤显像均为阳性。对 8 例 PHT 患者和 6 例 SHPT 患者(共 40 个病灶)的研究发现, P-gp 高度表达可导致 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI 显像阴性, 而 P-gp 低表达或不表达的显像为阳性^[28]。Takeuchi 等^[23]对 13 个大于 0.5g 的甲状旁腺病灶的研究发现, 其中 11 个病灶 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI 摄取与多药耐药基因 1 超甲基化水平呈负相关, 而与 MRP1 未见明显相关性。 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -tetrafosmin 显像也发现了相似结果, Shiau 等^[29]报道, 在 5 个假阴性的甲状旁腺腺瘤中都发现了 P-gp 或 MRP 表达, 28 个真阳性的甲状旁腺腺瘤中均无 P-gp 或 MRP 表达。Huang^[30]报道, 对 20 例有较大甲状旁腺腺瘤的患者进行 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -tetrafosmin 双时相显像, 结果: 17 例延迟相上有显著 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -tetrafosmin 摄取者的 P-gp 表达为阴性, 3 例延迟相上未见摄取者的 P-gp 表达为阳性。

2.5 血清完整 PTH(intact PTH, iPTH)

很多学者都发现, 甲状旁腺对显像剂的摄取与患者血液中 iPTH 水平具有相关性。Fuster 等^[31]发现, SHPT 对 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -MIBI 的摄取与 iPTH 水平显著相关, 而与其他指标如血钙、磷、25-OH-维生素 D、1, 25-(OH)₂维生素 D 没有相关性, 这说明甲状旁腺显像可以准确反映腺体的活性。对 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -tetrafosmin 显像的研究也得到了类似的结果, Hiromatsu 等^[15]发现, PHT 对 $^{99}\text{Tc}^{\text{m}}$ -tetrafosmin 的摄取与 iPTH 和病灶质量显著相关, 而与血钙、磷水平未见明显相关性; 此外, 在显像阳性患者中, 病灶大小与 iPTH 显著相关, 而在显像阴性患者中未发现相关性。

3 结语

总体来说, 放射性核素显像对甲状旁腺腺瘤的检出率明显高于甲状旁腺增生, 单发病灶检出率高

于多发病灶。 ^{99m}Tc -MIBI 是最常用的甲状旁腺显像剂, 尽管减影法有相对较高的准确性, 但 ^{99m}Tc -MIBI 双时相法最简便、易行, 是当前最常用的方法。尽管平面显像已能取得很好的临床应用价值, 如果注意结合减影技术、合理使用准直器及 SPECT, 还可以进一步提高诊断的准确性。

随着 SPECT-CT 的逐步普及, 实现了 SPECT 与螺旋 CT 图像的同机融合, 可以提供更丰富、更细微的解剖信息, 使得 HPT 的术前定位诊断更加准确。如上所述, 很多因素可以影响 HPT 显像, 导致假阳性和假阴性, 在图像的解读时应综合分析, 注意参考临床病史及其他检查资料 (如血清 iPTH), 必要时可与其他影像学方法相互结合, 以提高诊断的准确率。

参 考 文 献

- [1] Ferlin G, Borsato N, Camerani M, et al. New perspectives in localizing enlarged parathyroids by technetium-thallium subtraction scan. *J Nucl Med*, 1983, 24(5): 438-441.
- [2] Basso LV, Keeling C, Goris ML. Parathyroid imaging. Use of dual isotope scintigraphy for the localization of adenoma before surgery. *Clin Nucl Med*, 1992, 17(5): 380-383.
- [3] Hauty M, Swartz K, McClung M, et al. Technetium-thallium scintiscanning for localization of parathyroid adenomas and hyperplasia. A reappraisal. *Am J Surg*, 1987, 153(5): 479-486.
- [4] Coakley AJ, Kettle AG, Wells CP, et al. ^{99m}Tc -sestamibi-a new agent for parathyroid imaging. *Nucl Med Commun*, 1989, 10(11): 791-794.
- [5] Melloul M, Paz A, Koren R, et al. ^{99m}Tc -MIBI scintigraphy of parathyroid adenomas and its relation to tumour size and oxyphil cell abundance. *Eur J Nucl Med*, 2001, 28(2): 209-213.
- [6] Tomas MB, Pugliese PV, Tronco GG, et al. Pinhole versus parallel-hole collimators for parathyroid imaging: an intraindividual comparison. *J Nucl Med Technol*, 2008, 36(4): 189-194.
- [7] De Feo ML, Colagrande S, Biagini C, et al. Parathyroid glands combination of ^{99m}Tc -MIBI scintigraphy and US for demonstration of parathyroid glands and nodules. *Radiology*, 2000, 214(2): 393-402.
- [8] Hindié E, Mellièrre D, Jeanguillaume C, et al. Parathyroid imaging using simultaneous double-window recording of technetium-99m-sestamibi and iodine-123. *J Nucl Med*, 1998, 39(6): 1100-1105.
- [9] Chen CC, Holder LE, Scovill WA, et al. Comparison of parathyroid imaging with technetium-99m-pertechnetate/sestamibi subtraction, double-phase technetium-99m-sestamibi and technetium-99m-sestamibi SPECT. *J Nucl Med*, 1997, 38(6): 834-839.
- [10] Palestro CJ, Tomas MB, Tronco GG. Radionuclide imaging of the parathyroid glands. *Semin Nucl Med*, 2005, 35(4): 266-276.
- [11] Billotey C, Sarfati E, Aurengo A, et al. Advantages of SPECT in technetium-99m-sestamibi parathyroid scintigraphy. *J Nucl Med*, 1996, 37(11): 1773-1778.
- [12] Gayed IW, Kim EE, Broussard WF, et al. The value of ^{99m}Tc -sestamibi SPECT/CT over conventional SPECT in the evaluation of parathyroid adenomas or hyperplasia. *J Nucl Med*, 2005, 46(2): 248-252.
- [13] Neumann DR, Obuchowski NA, Difilippo FP. Preoperative ^{123}I / ^{99m}Tc -sestamibi subtraction SPECT and SPECT/CT in primary hyperparathyroidism. *J Nucl Med*, 2008, 49(12): 2012-2017.
- [14] Ishibashi M, Nishida H, Kumabe T, et al. Tc-99m tetrofosmin. A new diagnostic tracer for parathyroid imaging. *Clin Nucl Med*, 1995, 20(10): 902-905.
- [15] Hiromatsu Y, Ishibashi M, Nishida H, et al. Technetium-99m tetrofosmin parathyroid imaging in patients with primary hyperparathyroidism. *Intern Med*, 2000, 39(2): 101-106.
- [16] Fjeld JG, Erichsen K, Pfeffer PF, et al. Technetium-99m-tetrofosmin for parathyroid scintigraphy: a comparison with sestamibi. *J Nucl Med*, 1997, 38(6): 831-834.
- [17] Sundin A, Johansson C, Hellman P, et al. PET and parathyroid L-[carbon-11]methionine accumulation in hyperparathyroidism. *J Nucl Med*, 1996, 37(11): 1766-1770.
- [18] Beggs AD, Hain SF. Localization of parathyroid adenomas of using ^{11}C -methionine positron emission tomography. *Nucl Med Commun*, 2005, 26(2): 133-136.
- [19] Otto D, Boerner AR, Hofmann M, et al. Pre-operative localization of hyperfunctional parathyroid tissue with ^{11}C -methionine PET. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2004, 31(10): 1405-1412.
- [20] Weber T, Cammerer G, Schick C, et al. C-11 methionine positron emission tomography/computed tomography localizes parathyroid adenomas in primary hyperparathyroidism. *Horm Metab Res*, 2010, 42(3): 209-214.
- [21] Bahar G, Feinmesser R, Joshua BZ, et al. Hyperfunctioning intrathyroid parathyroid gland: a potential cause of failure in parathyroidectomy. *Surgery*, 2006, 139(6): 821-826.
- [22] Piga M, Bolasco P, Satta L, et al. Double phase parathyroid technetium-99m-MIBI scintigraphy to identify functional autonomy in secondary hyperparathyroidism. *J Nucl Med*, 1996, 37(4): 565-569.
- [23] Takeuchi H, Greep NC, Hoon DS, et al. Hypermethylation of adenosine triphosphate-binding cassette transporter genes in primary hyperparathyroidism and its effect on sestamibi imaging. *J Clin Endocrinol Metab*, 2007, 92(5): 1785-1790.
- [24] Nichols KJ, Tomas MB, Tronco GG, et al. Preoperative parathyroid scintigraphic lesion localization: accuracy of various types of readings. *Radiology*, 2008, 248(1): 221-232.
- [25] Mihai R, Gleeson F, Buley ID, et al. Negative imaging studies for primary hyperparathyroidism are unavoidable: correlation of sestamibi and high-resolution ultrasound scanning with histological analysis in 150 patients. *World J Surg*, 2006, 30(5): 697-704.
- [26] Torregrosa JV, Fernández-Cruz L, Canalejo A, et al. ^{99m}Tc -sestamibi scintigraphy and cell cycle in parathyroid glands of secondary hyper-

- parathyroidism. World J Surg, 2000, 24(11): 1386-1390.
- [27] Kao A, Shiau YC, Tsai SC, et al. Technetium-99m methoxyisobutylisonitrile imaging for parathyroid adenoma: relationship to P-glycoprotein or multidrug resistance-related protein expression. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2002, 29(8): 1012-1015.
- [28] Yamaguchi S, Yachiku S, Hashimoto H, et al. Relation between technetium-99m methoxyisobutylisonitrile accumulation and multidrug resistance protein in the parathyroid glands. World J Surg, 2002, 26(1): 29-34.
- [29] Shiau YC, Tsai SC, Wang JJ, et al. Detecting parathyroid adenoma using technetium-99m tetrofosimin: comparison with P-glycoprotein and multidrug resistance related protein expression—a preliminary report. Nucl Med Biol, 2002, 29(3): 339-344.
- [30] Huang WT. Size and P-glycoprotein expression limit ^{99m}Tc -tetrofosmin uptake in parathyroid adenomas. Nucl Med Commun, 2002, 23(10): 1001-1004.
- [31] Fuster D, Ybarra J, Torregrosa JV, et al. Double-phase parathyroid ^{99m}Tc -sestamibi scintigraphy in chronic haemodialysis patients: correlation with biochemical markers of parathyroid function. Nucl Med Commun, 2003, 24(1): 85-90.
- (收稿日期: 2011-02-28)

^{99m}Tc -DTPA 肾动态显像测定肾小球滤过率的影响因素分析

黄建敏 唐子都 潘莉萍 刘晓梅 解朋 高建青

【摘要】 肾小球滤过率(GFR)是反映肾功能的重要指标,利用 ^{99m}Tc -二亚乙基三胺五乙酸(^{99m}Tc -DTPA)进行肾动态显像检测 GFR 是目前临床最常用的方法,但测量过程中的一些可变因素和操作细节,如血浆蛋白结合、肾脏和本底感兴趣区勾画、肾脏深度、患者年龄及自身肾功能、患者准备情况和操作技术等,都可能对 GFR 的检测产生影响。该文对上述影响因素逐一进行分析、探讨,以期临床工作提供一定参考。

【关键词】 肾小球滤过率; ^{99m}Tc 二亚乙基三胺五乙酸; 影响因素

Research on the influencing factors of measuring glomerular filtration rate through ^{99m}Tc -DTPA renal dynamic imaging HUANG Jian-min*, TANG Zi-du, PAN Li-ping, LIU Xiao-mei, XIE Peng, GAO Jian-qing. *Department of Nuclear Medicine, the Third Hospital, Hebei Medical College, Shijiazhuang 050051, China

Corresponding author: HUANG Jian-min, Email: jm_huang2003@126.com

【Abstract】 Glomerular filtration rate (GFR) is an important criterion to estimate renal function. The most common way to measure GFR clinically is ^{99m}Tc -DTPA Renal Dynamic Imaging. However, the result may be influenced by many factors such as plasma protein binding, delineation of kidney and background region of interest, kidney depth, age and renal function and preparation of patient, nurse's operative technique, etc. The article analyzed each factor above respectively for clinical reference.

【Key words】 Glomerular filtration rate; Technetium Tc 99m pentetate; Influence factors

肾小球滤过率(glomerular filtration rate, GFR)是指单位时间内从肾小球滤过的血浆容量(ml/min),

是反映肾功能的重要指标,但目前临床上不能直接测得,多是通过测定从肾小球滤过的标志物(如菊粉、肌酐等)的清除率来推测^[1]。其中,内生肌酐清除率是目前临床上较常用的测定 GFR 的方法,但技术上有不足之处,如不能在生理条件下测定分肾 GFR、尿液收集费时、难以精确测定、误

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2011.03.010

作者单位: 050051 石家庄,河北医科大学第三医院核医学科(黄建敏,潘莉萍,刘晓梅,解朋,高建青); 210000,南京工业大学材料科学与工程学院高分子材料专业(唐子都)

通信作者: 黄建敏 (Email: jm_huang2003@126.com)