

Giá trị của SPECT/CT trong chẩn đoán tổn thương tuyến cận giáp

Diagnostic value of SPECT/CT in the detection of parathyroid lesion

Trần Ngọc Hải¹, Mai Hồng Sơn^{2,4*},
Mai Huy Thông², Lê Quang Hiền^{3,4},
Thiều Thị Hằng^{3,4}, Trần Thị Bích Hạnh²
và Lê Ngọc Hà²

¹Bệnh viện đa khoa tỉnh Phú Thọ

²Bệnh viện Trung ương Quân đội 108

³Bệnh viện Bạch Mai

⁴Bộ môn Y học hạt nhân, Đại học Y Hà Nội

Tóm tắt

Mục tiêu: Nghiên cứu nhằm đánh giá giá trị chẩn đoán của kỹ thuật xạ hình tuyến cận giáp với ^{99m}Tc-Pertechnetate và ^{99m}Tc-MIBI SPECT/CT trong phát hiện u tuyến cận giáp, so sánh với xạ hình planar và siêu âm. **Đối tượng và phương pháp:** Nghiên cứu tiến hành bệnh nhân nghi ngờ u tuyến cận giáp được chụp xạ hình tại Khoa Y học Hạt nhân - Bệnh viện Trung ương Quân đội 108 từ tháng 3/2024 đến tháng 3/2025. Tất cả bệnh nhân được chụp planar với hai dược chất phóng xạ và SPECT/CT với MIBI theo hướng dẫn từ Hiệp hội Y học Hạt nhân châu Âu (EANM). **Kết quả:** SPECT/CT đạt độ nhạy 86,1%, độ đặc hiệu 92,9%, giá trị tiên đoán dương tính 94,9% và âm tính 81,3%, với độ chính xác 88,7%. Kỹ thuật này vượt trội so với planar và siêu âm. Nồng độ PTH và canxi máu ở nhóm bệnh nhân có SPECT/CT dương tính cao hơn có ý nghĩa thống kê ($p<0,001$ và $p=0,025$). SPECT/CT đặc biệt hữu ích trong định vị tổn thương tuyến cận giáp lạc chỗ, hỗ trợ hiệu quả trong lựa chọn phương pháp phẫu thuật. **Kết luận:** Xạ hình SPECT/CT là phương pháp có độ chính xác cao trong chẩn đoán và định vị u tuyến cận giáp.

Từ khóa: U tuyến cận giáp, ^{99m}Tc-MIBI, ^{99m}Tc-Pertechnetate, SPECT/CT, xạ hình planar.

Summary

Objective: This study aimed to evaluate the diagnostic value of ^{99m}Tc-MIBI SPECT/CT in comparison with ^{99m}Tc-Pertechnetate/^{99m}Tc-MIBI dual-tracer scintigraphy and neck ultrasound for detecting parathyroid. **Subject and method:** The study was conducted on patients suspected parathyroid adenomas underwent parathyroid scintigraphy at the Department of Nuclear Medicine, 108 Military Central Hospital, from March 2024 to March 2025. All patients underwent dual-tracer planar scintigraphy followed by SPECT/CT with MIBI, in accordance with the guidelines of the European Association of Nuclear Medicine (EANM). **Result:** SPECT/CT achieved a sensitivity of 86.1%, specificity of 92.9%, positive predictive value (PPV) of 94.9%, negative predictive value (NPV) of 81.3%, and an overall accuracy of 88.7%. This modality outperformed planar imaging and ultrasound. Patients with positive SPECT/CT findings had significantly higher serum parathyroid hormone (PTH) and calcium levels ($p<0.001$ and $p=0.025$, respectively). The technique was particularly useful in localizing ectopic parathyroid lesions and contributed substantially to preoperative planning. **Conclusion:** SPECT/CT is a highly accurate method for the diagnosis and localization of parathyroid adenomas.

Keywords: Parathyroid adenoma, ^{99m}Tc-MIBI, ^{99m}Tc-Pertechnetate, SPECT/CT, planar scintigraphy.

Ngày nhận bài: 26/6/2025, ngày chấp nhận đăng: 19/9/2025

* Người liên hệ: alex.hong.son@gmail.com - Bệnh viện Trung ương Quân đội 108

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

U tuyến cận giáp là bệnh lý nội tiết có tỷ lệ mắc thứ ba sau đái tháo đường và bệnh lý tuyến giáp, có thể gặp ở một hay nhiều tuyến và phần lớn là lành tính^{1,2}. Đây là nguyên nhân chính gây cường cận giáp nguyên phát, biểu hiện bởi tăng sản xuất hormone tuyến cận giáp (PTH), dẫn tới tăng canxi máu³.

Phẫu thuật là phương pháp đầu tay trong điều trị trong u tuyến cận giáp. Để đạt hiệu quả, định vị chính xác tổn thương trước mổ đóng vai trò quyết định. Tuy nhiên, tuyến cận giáp có kích thước nhỏ và vị trí giải phẫu thay đổi, có thể lạc chỗ hoặc nhiều u, gây việc khó khăn cho việc xác định chính xác vị trí u^{4,5}.

Các phương pháp hình ảnh truyền thống như siêu âm, cắt lớp vi tính và cộng hưởng từ thường vẫn còn hạn chế. Siêu âm khó phát hiện được u nhỏ, lạc chỗ hoặc nằm ở sâu, trong khi cắt lớp vi tính và cộng hưởng từ khó phân biệt với hạch cổ, nhân tuyến giáp hay u tuyến ức⁶.

Trước những giới hạn đó, xạ hình tuyến cận giáp với ^{99m}Tc -MIBI và ^{99m}Tc -Pertechnetate đã chứng minh hiệu quả⁷. Trong đó, ^{99m}Tc -MIBI hấp thụ ở cả tuyến giáp và tuyến cận giáp hoạt động quá mức, nhưng thải trừ khỏi tuyến giáp nhanh hơn, còn ^{99m}Tc -Pertechnetate chỉ hấp thụ ở tuyến giáp. Bằng cách trừ hình ảnh giữa hai dược chất, có thể làm nổi bật tuyến cận giáp cường chức năng. Tuy nhiên, planar thông thường còn hạn chế về độ phân giải và khả năng định vị chính xác, như tổn thương lạc chỗ. Sự xuất hiện của SPECT/CT, kết hợp hình ảnh chuyển hóa và giải phẫu học đã khắc phục nhược điểm này⁸.

Hiệu quả của SPECT/CT đã được chứng minh trong nhiều nghiên cứu, như của Huang và Lou đạt độ nhạy và đặc hiệu tới 92,9% và 90,3%, hoặc 74,5% và 95,8% theo nghiên cứu của Krcalova^{9,10}. Tại Việt Nam, việc ứng dụng xạ hình tuyến cận giáp bằng SPECT/CT vẫn còn hạn chế, và cũng chưa có các nghiên cứu đánh giá về giá trị thực tế của phương pháp này. Do đó, chúng tôi thực hiện nghiên cứu này với mục tiêu là đánh giá giá trị của SPECT/CT trong chẩn đoán u tuyến cận giáp cường chức năng, đồng thời với so sánh với Planar hai thuốc phóng xạ và siêu âm.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Đối tượng

Những bệnh nhân được chẩn đoán theo dõi u tuyến cận giáp trên lâm sàng, được chụp xạ hình tuyến cận giáp tại khoa Y học hạt nhân – Bệnh viện Trung ương Quân đội 108 từ tháng 3/2024 đến tháng 3/2025.

2.2. Phương pháp

Thiết kế nghiên cứu hồi cứu.

2.3. Quy trình thực hiện

Tất cả bệnh nhân được chụp xạ hình tuyến cận giáp hai pha: planar với hai dược chất phóng xạ và SPECT/CT với MIBI, theo quy trình được hướng dẫn từ Hiệp hội Y học Hạt nhân châu Âu (EANM)⁴.

Chụp planar: Tiêm tĩnh mạch ^{99m}Tc -Pertechnetate liều 4mCi, chụp sau 15 phút. Sau đó, tiêm tĩnh mạch ^{99m}Tc -MIBI liều 20mCi, chụp sau 10 phút. Hình ảnh thu được được xử lý trên phần mềm Parathyroid - trạm Xeleris 4.0 của hãng GE.

Chụp SPECT/CT: Sau 2 giờ kể từ khi tiêm ^{99m}Tc -MIBI, nhu mô tuyến giáp hầu như đã đào thải hết chất phóng xạ, trong khi hoạt độ phóng xạ vẫn được giữ lại ở mô tuyến cận giáp tăng chức năng.

2.4. Đánh giá kết quả

Trên xạ hình planar: Hình ảnh planar thu được sau tiêm ^{99m}Tc -MIBI được so sánh với hình planar của tuyến giáp từ ^{99m}Tc -Pertechnetate. Sau khi vẽ ROI tuyến giáp trên hình ảnh $^{99m}\text{TcO}_4^-$, phần tăng hoạt tính phóng xạ của tuyến giáp trên hình planar ^{99m}Tc -MIBI sẽ được khấu trừ. Kết quả được đánh giá là dương tính khi vẫn thấy vùng tăng hoạt tính phóng xạ trên hình ảnh đã khấu trừ, gợi ý tổn thương u tuyến cận giáp. Trường hợp nghi ngờ u cận giáp ở vị trí xa tuyến giáp, vẫn tiến hành xử lý thuật toán khấu trừ để tránh bỏ sót tổn thương tại chỗ.

Trên SPECT/CT: Xét nghiệm dương tính được xác định khi có vùng hấp thu phóng xạ khu trú trên hình ảnh SPECT, kết hợp với tổn thương tương ứng trên CT, phù hợp với vị trí giải phẫu tuyến cận giáp hoặc các vị trí lạc chỗ thường gặp.

2.5. Tiêu chuẩn đánh giá kết quả chẩn đoán

Tiêu chuẩn chẩn đoán xác định dựa vào kết quả giải phẫu bệnh (u tuyến, quá sản và carcinoma tuyến cận giáp) sau phẫu thuật hoặc kết quả hội chẩn sau quá trình theo dõi lâm sàng. Kết quả chẩn đoán hình ảnh được đánh giá như sau:

Dương tính thật: Kết quả mô bệnh học là tổn thương tuyến cận giáp.

Dương tính giả: Kết quả mô bệnh học không là tổn thương tuyến cận giáp.

Âm tính thật: Kết quả mô bệnh học không là tổn thương tuyến cận giáp hoặc kết quả hội chẩn xác định không có tổn thương tuyến cận giáp.

Âm tính giả: Kết quả mô bệnh học là tổn thương tuyến cận giáp hoặc kết quả hội chẩn khả năng có u tuyến cận giáp.

2.6. Xử lý số liệu

Sử dụng phần mềm SPSS 20.0 để xử lý số liệu.

Các biến định tính biểu diễn dưới dạng tần số, tỷ lệ phần trăm. Các biến định lượng dưới dạng trị số trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn với biến phân phối chuẩn, hoặc dưới dạng trung vị và khoảng tứ phân vị với biến không có phân phối chuẩn.

Sử dụng kiểm định T-test để so sánh hai nhóm biến định lượng có phân phối chuẩn.

Sử dụng kiểm định Khi bình phương để so sánh hai nhóm biến số định tính. Trong trường

hợp biến số có tần số < 5 , sử dụng kết quả kiểm định Fisher's Exact.

Sử dụng đường cong ROC để xác định ngưỡng cut-off tối ưu, đồng thời tính toán độ nhạy, độ đặc hiệu và diện tích dưới đường cong (AUC).

Sử dụng phân tích hồi quy logistic đơn biến để đánh giá mối liên quan giữa từng biến độc lập với biến phụ thuộc nhị phân.

Sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các biến khi $p < 0,05$.

III. KẾT QUẢ

Nghiên cứu bao gồm 71 bệnh nhân, với 19 nam (26,8%) và 52 nữ (73,2%), tuổi trung bình $54,58 \pm 12,97$ (từ 20 đến 81 tuổi). Tất cả bệnh nhân được chẩn đoán theo dõi u tuyến cận giáp trên lâm sàng, trong đó 45 bệnh nhân được phẫu thuật, gồm 39 trường hợp có kết quả SPECT/CT dương tính và 6 trường hợp ban đầu âm tính nhưng sau theo dõi được phẫu thuật. 26 bệnh nhân còn lại không ghi nhận diễn tiến lâm sàng bất thường trong thời gian theo dõi. Nồng độ PTH trung bình là $26,03 \pm 22,96$ pmol/L (trong khoảng từ 7 đến 109,74 pmol/L). Trên hình ảnh, SPECT/CT ghi nhận 39 bệnh nhân dương tính, trong khi ở siêu âm là 43 bệnh nhân và planar là 25 bệnh nhân. Trong số 45 bệnh nhân được mổ, 43 trường hợp là u tuyến tuyến cận giáp và 2 là bướu giáp keo lành tính trên mô bệnh học (Bảng 1).

Bảng 1. Các đặc điểm chung của nhóm đối tượng nghiên cứu

Đặc điểm		n
Số lượng bệnh nhân		71
Tuổi (trung bình, nhỏ nhất, lớn nhất)		$54,58 \pm 12,97$ (20; 81)
Giới	Nam	19 (26,8%)
	Nữ	52 (73,2%)
Canxi máu (mmol/L)		$2,84 \pm 0,37$ (2,17; 4,1)
PTH máu (pmol/L)		$26,03 \pm 22,96$ (7; 109,74)
Siêu âm	Dương tính	43 (60,6%)
	Âm tính	28 (39,4%)
	Đường kính lớn nhất (mm)	$14,42 \pm 7,52$ (2,9; 31,1)
Planar	Dương tính	25 (35,2%)

Đặc điểm		n
SPECT/CT	Âm tính	46 (64,8%)
	Dương tính	39 (54,9%)
	Âm tính	32 (45,1%)
	Đường kính lớn nhất (mm)	12,15 ± 5,36 (4; 28)
Kết quả mô bệnh học (n = 45)	U tuyến cận giáp lành tính	43 (95,6%)
	Bướu giáp keo	2 (4,4%)

SPECT/CT đạt độ nhạy 86,1%, độ đặc hiệu 92,9%, giá trị dự báo dương tính (PPV) 94,9%, giá trị dự báo âm tính (NPV) 81,3% và độ chính xác 88,7%, cao nhất trong 3 phương pháp, với planar (71,8%) và siêu âm (66,2%). Mặc dù planar có độ đặc hiệu cao (96,4%), nhưng độ nhạy thấp (55,8%). Ngược lại, siêu âm cho độ nhạy (72,1%) nhưng độ đặc hiệu và NPV thấp (57,1%) (Bảng 2).

Bảng 2. Độ chính xác của SPECT/CT, planar và siêu âm

	Độ nhạy	Độ đặc hiệu	PPV	NPV	Độ chính xác	n
SPECT/CT	86,1%	92,9%	94,9%	81,3%	88,7%	71
Planar	55,8%	96,4%	96%	58,7%	71,8%	71
Siêu âm	72,1%	57,1%	72,1%	57,1%	66,2%	71

Phân tích hồi quy logistic cho thấy SPECT/CT (OR = 80,17, $p < 0,001$), planar (OR = 34,11, $p = 0,001$), siêu âm (OR = 3,44; $p = 0,016$), PTH cut-off (được xác định trên đường cong ROC với AUC = 0,754, độ nhạy 65,1%, độ đặc hiệu 89,3% và chỉ số Youden là 0,544) $\geq 19,4\text{pmol/L}$ (OR = 15,56; $p < 0,001$), Ca cut-off (được xác định trên đường cong ROC với AUC = 0,696, độ

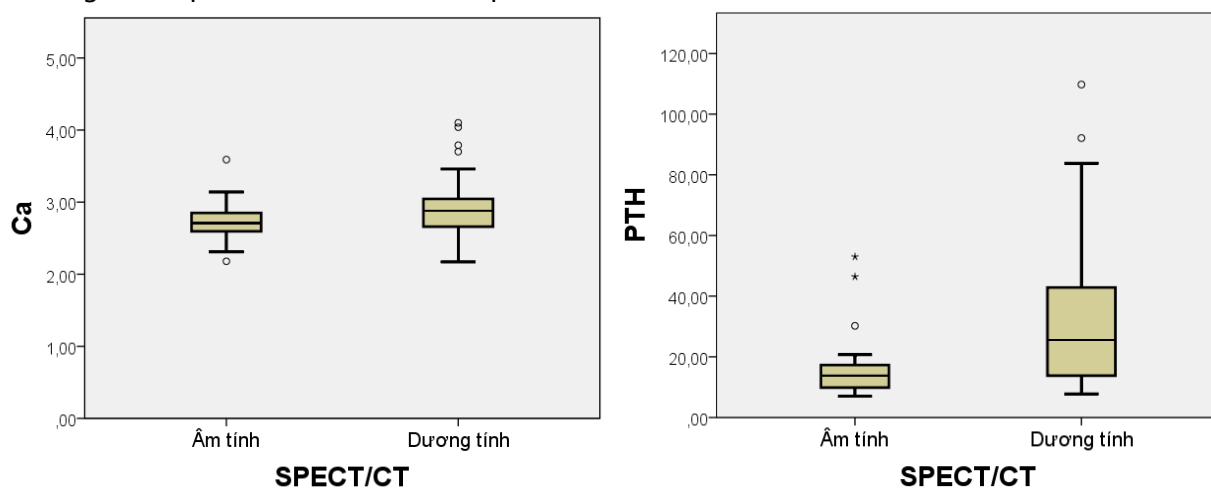
nhạy 51,2%, độ đặc hiệu 82,1% và chỉ số Youden là 0,333) $\geq 2,89\text{mmol/L}$ (OR = 3,31; $p = 0,04$) và triệu chứng lâm sàng (OR = 3,8; $p = 0,011$) là những yếu tố tiên đoán có ý nghĩa cho tổn thương tuyến cận giáp. Tuổi và giới tính không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) (Bảng 3).

Bảng 3. Kết quả phân tích hồi quy logistic đơn biến các yếu tố tiên đoán tổn thương tuyến cận giáp

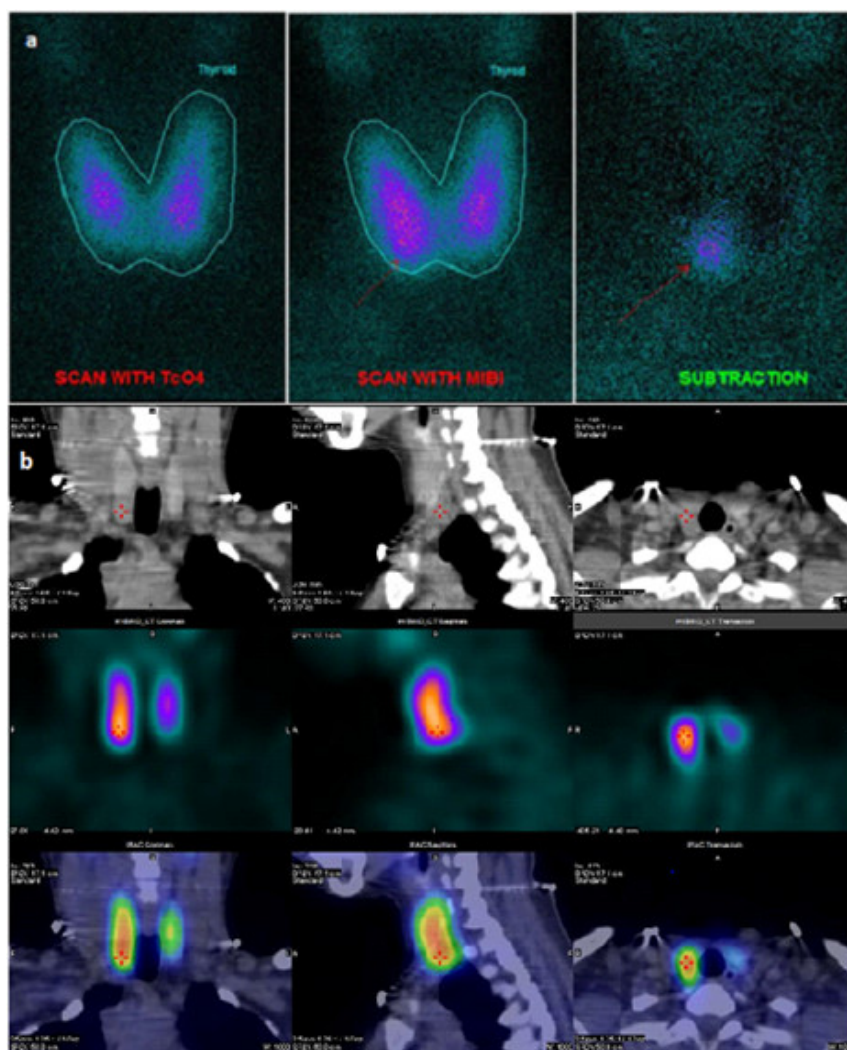
Yếu tố	OR	Khoảng 95% CI	P
SPECT/CT (dương tính/âm tính)	80,17	14,99 – 428,88	<0,001
Planar (dương tính/âm tính)	34,11	4,24 – 274,28	0,001
Siêu âm (dương tính/âm tính)	3,44	1,26 – 9,38	0,016
PTH cut-off ($\geq 19,4\text{pmol/L}$, $< 19,4\text{pmol/L}$)	15,56	4,03 – 60,11	<0,001
Ca cut-off ($\geq 2,89\text{mmol/L}$; $< 2,89\text{mmol/L}$)	3,31	1,06 – 10,37	0,04
Tuổi	1,006	0,97 – 1,04	0,761
Giới (Nam/Nữ)	0,31	0,09 – 1,07	0,063
Triệu chứng lâm sàng (có/không)	3,8	1,37 – 10,62	0,011

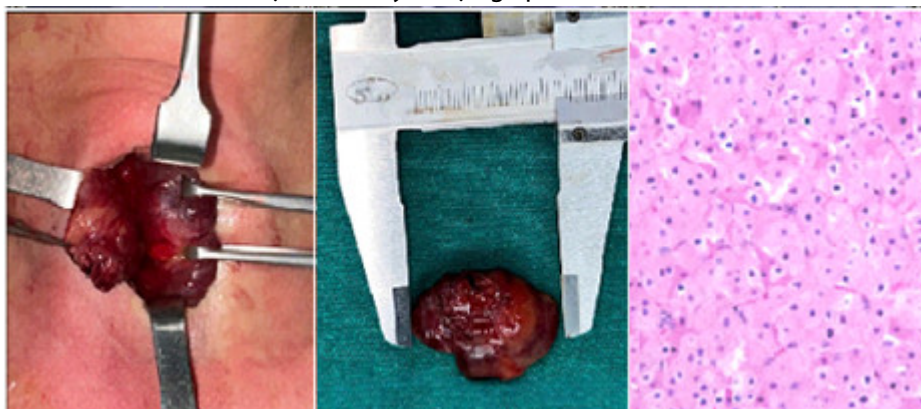
Ngoài ra, chúng tôi tiến hành phân tích mối liên quan giữa các chỉ số sinh hóa đánh giá tình trạng cường chức năng tuyến cận giáp (canxi và PTH máu) với kết quả ghi hình SPECT/CT. Kết quả cho thấy, nhóm bệnh nhân có hình ảnh dương tính trên SPECT/CT có nồng độ canxi trung bình là $2,93 \pm 0,42\text{mmol/L}$ và nồng độ PTH trung bình là $34,41 \pm 26,96\text{pmol/L}$, cao hơn rõ rệt so với nhóm có kết quả âm tính với nồng độ canxi

trung bình là $2,73 \pm 0,27\text{mmol/L}$ và nồng độ PTH trung bình là $15,93 \pm 10,18\text{pmol/L}$. Sự khác biệt này có ý nghĩa thống kê, với $p=0,025$ đối với canxi và $p<0,001$ đối với PTH (Hình 1).



Hình 1. So sánh các chỉ số Ca, PTH ở hai nhóm SPECT/CT âm tính và dương tính



Hình 2. Hình ảnh xạ hình u tuyến cận giáp. (a): Planar. (b): SPECT/CT.**Hình 3.** Hình ảnh bộc lộ u trong mổ, đại thể và vi thể.

IV. BÀN LUẬN

Nghiên cứu của chúng tôi cho thấy SPECT/CT đạt hiệu quả chẩn đoán cao trong phát hiện u tuyến cận giáp gây cường chức năng, với độ nhạy 86,1%, độ đặc hiệu 92,9%, và độ chính xác 88,7%. Kết quả này tương đương với báo cáo của Huang và Lou, cho thấy SPECT/CT duy trì độ nhạy và đặc hiệu cao, lần lượt là 88,3% và 79,2%, độ chính xác đạt 85,5%⁹.

So với planar và siêu âm, SPECT/CT vượt trội hơn rõ rệt. Siêu âm tuy dễ thực hiện, nhưng phụ thuộc người thực hiện và khó phát hiện tổn thương nằm sâu hoặc lạc chỗ. Planar vẫn có ưu điểm là quy trình đơn giản, nhanh và phù hợp với cơ sở hạn chế trang thiết bị, nhưng độ nhạy kém hơn rõ rệt so với SPECT/CT. Những quan sát này phù hợp với nghiên cứu của Assante, ghi nhận SPECT/CT đạt độ nhạy và đặc hiệu cao hơn đáng kể so với planar¹¹.

Việc thực hiện SPECT/CT sau 2 giờ được lựa chọn nhằm tăng độ tương phản giữa tuyến giáp và tổn thương, nhờ hiện tượng rửa trôi phóng xạ khỏi mô giáp trong khi tuyến cận giáp cường chức năng vẫn giữ thuốc. Một nghiên cứu cho thấy SPECT/CT giai đoạn trì hoãn phát hiện thêm các tổn thương mà SPECT/CT sớm bỏ sót ($p < 0,001$)¹². Trong khi đó, planar muộn không mang lại giá trị bổ sung khi đã có SPECT/CT¹³.

Phân tích hồi quy cho thấy SPECT/CT (OR: 80,17) là yếu tố tiên đoán mạnh nhất, vượt trội so với planar và siêu âm, phù hợp với các nghiên cứu của Hindie và Treglia^{14, 15}. Planar cho thấy giá trị hỗ trợ

trong bối cảnh thiếu điều kiện thực hiện SPECT/CT¹⁶, trong khi siêu âm phù hợp với vai trò tầm soát ban đầu và định hướng phẫu thuật¹⁷. Ngoài ra, ngưỡng PTH $\geq 19,4$ pmol/L, Canxi $\geq 2,89$ mmol/L và triệu chứng lâm sàng cũng là yếu tố tiên đoán có ý nghĩa.

Chúng tôi cũng ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về chỉ số sinh hóa giữa các nhóm kết quả xạ hình. Bệnh nhân có kết quả SPECT/CT dương tính có nồng độ PTH và canxi máu cao hơn đáng kể (với $p < 0,001$ và $p = 0,025$). Kết quả này gợi ý rằng mức độ hoạt động chuyển hóa của u có thể ảnh hưởng đến khả năng hấp thu được chất phóng xạ, phù hợp với các nghiên cứu của Hoang và Beheshti^{8, 18}.

Mặc dù SPECT/CT cho kết quả khả quan, vẫn còn một tỷ lệ âm tính giả. Nguyên nhân có thể liên quan đến kích thước u nhỏ, mức PTH thấp hoặc chuyển hóa không đồng nhất¹⁰. Ngoài ra, một số tình trạng có thể gây dương tính giả, như bướu giáp keo, nhân nóng hay các tổn thương bắt giữ MIBI không đặc hiệu cũng làm giảm độ đặc hiệu chẩn đoán¹⁹. Do đó, trong thực hành lâm sàng, việc phối hợp SPECT/CT với thông tin lâm sàng, xét nghiệm sinh hóa và các phương pháp hình ảnh khác là cần thiết để tối ưu hóa độ chính xác chẩn đoán²⁰.

Tuy nhiên, nghiên cứu của chúng tôi vẫn còn một số hạn chế. Thứ nhất, không thực hiện phân tích hồi quy đa biến do cỡ mẫu hạn chế và mối tương quan giữa các biến độc lập, làm tăng nguy cơ sai số và không đảm bảo độ tin cậy của mô hình.

Thứ hai, do giới hạn thời gian và điều kiện vận hành cho nhiều đối tượng khác nhau, SPECT/CT chỉ được thực hiện muộn (sau 2 giờ) mà không ghi hình sớm sau planar (~15 phút), trong khi một số tác giả cho thấy ghi hình sớm có thể cải thiện khả năng phát hiện tổn thương có wash-out nhanh¹². Cuối cùng, sử dụng collimator thường thay vì pinhole do trong thực hành thường quy, pinhole có trường nhìn hẹp, thời gian ghi hình dài, không phù hợp cho trung tâm có lưu lượng bệnh nhân lớn.

V. KẾT LUẬN

Nhìn chung, SPECT/CT cho thấy độ nhạy, độ đặc hiệu và độ chính xác cao trong chẩn đoán u tuyến cận giáp, đặc biệt hiệu quả trong định vị tổn thương lạc chỗ. Phương pháp này vượt trội hơn rõ rệt so với planar hai được chất và siêu âm. Trong khi planar có ưu điểm quy trình đơn giản và độ đặc hiệu cao, độ nhạy còn hạn chế, do đó nên được xem là công cụ hỗ trợ khi không có điều kiện thực hiện SPECT/CT. Khi có thể triển khai, SPECT/CT nên được ưu tiên lựa chọn trong thực hành lâm sàng. Việc phối hợp hình ảnh học với các chỉ số sinh hóa như PTH và canxi máu góp phần nâng cao độ chính xác chẩn đoán và hỗ trợ lập kế hoạch điều trị tối ưu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Silva BC, Cusano NE & Bilezikian JP (2018) *Primary hyperparathyroidism. Best practice & research. Clinical endocrinology & metabolism*: 593-607, doi: 10.1016/j.beem.2018.09.004.
- Rao SD (2018) *Epidemiology of parathyroid disorders. Best practice & research. Clinical endocrinology & metabolism* 32: 773-780, doi:10.1016/j.beem.2018.12.003.
- Fraser WD (2009) *Hyperparathyroidism*. Lancet (London, England) 374: 145-158, doi: 10.1016/s0140-6736(09)60507-9.
- Petranović Ovčariček P, Giovanella L, Carrió Gasset I et al (2021) *The EANM practice guidelines for parathyroid imaging*. Eur J Nucl Med Mol Imaging 48: 2801-2822, doi:10.1007/s00259-021-05334-y.
- Udelsman R, Lin Z & Donovan P (2011) *The superiority of minimally invasive parathyroidectomy based on 1650 consecutive patients with primary hyperparathyroidism*. Ann Surg 253: 585-591, doi:10.1097/SLA.0b013e318208fed9.
- Centello R, Sesti F, Feola T et al (2023) *The Dark Side of Ultrasound Imaging in Parathyroid Disease*. Journal of clinical medicine 12, doi: 10.3390/jcm12072487.
- Hindié E, Schwartz P, Avram AM et al (2021) *Primary Hyperparathyroidism: Defining the Appropriate Preoperative Imaging Algorithm*. J Nucl Med 62: 3-12, doi: 10.2967/jnumed.120.245993.
- Hoang TD, Jani AG, Mai VQ, Tuamokumo FO & Shakir MKM (2019) *Associations of serum ionized calcium, phosphate, and pth levels with parathyroid scan in primary hyperparathyroidism*. Endocrine practice: Official journal of the American College of Endocrinology and the American Association of Clinical Endocrinologists 25: 16-22, doi: 10.4158/ep-2018-0414.
- Huang Z & Lou C (2019) *(99m)TcO(4)(-)/(99m)Tc-MIBI dual-tracer scintigraphy for preoperative localization of parathyroid adenomas*. J Int Med Res 47, 836-845, doi:10.1177/0300060518813742.
- Krčálová E, Horáček J, Nováková E et al (2019) *Dual Tracer 99mTc-Pertechnetate/99mTc-MIBI Dual-Time-Point SPECT/CT Parathyroid Gland Assessment Regarding to Parathyroid Gland Size and Biochemical Parameters - Two Years Single Imaging Centre Experience*. Acta Medica (Hradec Kralove) 62: 1-5, doi:10.14712/18059694.2019.38.
- Assante R, Zampella E, Nicolai E et al (2019) *Incremental value of sestamibi SPECT/CT over dual-phase planar scintigraphy in patients with primary hyperparathyroidism and inconclusive ultrasound*. Front Med (Lausanne) 16;6:164. doi: 10.3389/fmed.2019.00164.
- Hunter K, Gavin N, McQuade C, Hogan B & Feeney J (2022) *Optimal timing of SPECT/CT to demonstrate parathyroid adenomas in 99mTc-sestamibi scintigraphy*. Nucl Med Rev Cent East Eur 25: 89-94, doi:10.5603/NMR.a2022.0020.
- Greenspan BS, Dillehay G, Intenzo C et al (2012) *SNM Practice Guideline for Parathyroid Scintigraphy 4.0*. J Nucl Med Technol 40(2):111-118. doi: 10.2967/jnmt.112.105122.

14. Hindié E, Zanotti-Fregonara P, Tabarin A et al (2015) *The role of radionuclide imaging in the surgical management of primary hyperparathyroidism*. J Nucl Med. 56: 737-744.
15. Treglia G, Sadeghi R, Schalin-Jäntti C et al (2016) *Detection rate of 99mTc-MIBI single photon emission computed tomography (SPECT)/CT in preoperative planning for patients with primary hyperparathyroidism: a meta-analysis*. Head Neck 38: 2159-2172.
16. Lavelly WC, Goetze S, Friedman KP et al (2007) *Comparison of SPECT/CT, SPECT, and planar imaging with single-and dual-phase 99mTc-sestamibi parathyroid scintigraphy*. J Nucl Med 48: 1084-1089.
17. Chandramohan A, Sathyakumar K, John RA et al (2014) *Atypical ultrasound features of parathyroid tumours may bear a relationship to their clinical and biochemical presentation*. Insights into imaging 5: 103-111 doi:10.1007/s13244-013-0297-x.
18. Beheshti M, Hehenwarter L, Paymani Z et al (2018) *18F-Fluorocholine PET/CT in the assessment of primary hyperparathyroidism compared with 99mTc-MIBI or 99mTc-tetrofosmin SPECT/CT: a prospective dual-centre study in 100 patients*. European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging 45: 1762-1771, doi:10.1007/s00259-018-3980-9.
19. Leslie WD, Dupont JO, Bybel B, Riese KT (2002) *Parathyroid 99m Tc-sestamibi scintigraphy: Dual-tracer subtraction is superior to double-phase washout*. Eur J Nucl Med Mol Imaging 29(12):1566-1570.
20. Hwang SH, Rhee Y, Yun M et al (2017) *Usefulness of SPECT/CT in Parathyroid Lesion Detection in Patients with Thyroid Parenchymal (99m)Tc-Sestamibi Retention*. Nuclear medicine and molecular imaging 51: 32-39, doi:10.1007/s13139-016-0438-5.