

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN HÌNH CHIẾU CƯỜNG ĐỘ TỐI ĐA (MIP) TRÊN CẮT LỚP VI TÍNH NGỰC TRONG PHÁT HIỆN VÀ THEO DÕI NỐT ĐẶC NHỎ Ở PHỔI

Hoàng Văn Lương¹, Nguyễn Thị Thương¹

TÓM TẮT

Đặt vấn đề: Phát hiện các nốt phổi đặc kích thước nhỏ (<5 mm) trên CLVT ngực còn nhiều khó khăn do dễ bị bỏ sót trên các lát cắt mỏng. Kỹ thuật tái tạo hình chiếu cường độ tối đa (MIP) giúp làm nổi bật các cấu trúc có tỷ trọng cao và có thể cải thiện khả năng phát hiện.

Mục tiêu: Đánh giá vai trò của MIP ở các độ dày khác nhau trong phát hiện và theo dõi nốt phổi đặc <5 mm.

Đối tượng và phương pháp: Nghiên cứu tiền cứu trên 55 bệnh nhân có nốt phổi đặc <5 mm tại Bệnh viện Phổi Trung ương (6/2023–10/2025). Dữ liệu CLVT được tái tạo thành 4 bộ ảnh: MIP0 (axial), MIP5, MIP10 và MIP15. Hai bác sĩ chẩn đoán hình ảnh độc lập. So sánh số lượng, kích thước, vị trí và đặc điểm nốt bằng các kiểm định thống kê.

Kết quả: Tổng cộng 129 nốt được phân tích. MIP làm tăng đáng kể số lượng nốt phát hiện so với MIP0, với MIP5 và MIP10 có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,001$). Không có sự khác biệt giữa MIP5 và MIP10 ($p > 0,05$), tuy nhiên MIP10 có xu hướng phát hiện nhiều nốt hơn. MIP15 làm giảm khả năng phát hiện. Độ đồng thuận giữa hai bác sĩ cao ($p > 0,05$). Đa số nốt nằm ở vùng thùy dưới và có bờ đều. Trong quá trình theo dõi, 16 nốt (12,4%) tăng kích thước, một số được xác định là tổn thương ác tính hoặc tiền ác tính.

Kết luận: MIP cải thiện rõ rệt khả năng phát hiện nốt phổi nhỏ, tối ưu ở độ dày 5–10 mm, đặc biệt MIP10. Việc theo dõi cho thấy một tỷ lệ nốt nhỏ có thể tiến triển, nhấn mạnh ý nghĩa của phát hiện sớm và theo dõi định kỳ.

Từ khóa: Nốt phổi, kỹ thuật hình chiếu cường độ tối đa, ung thư phổi.

SUMMARY

RESEARCH ON THE APPLICATION OF THE MAXIMUM INTENSITY PROJECTION (MIP) ALGORITHM IN CHEST COMPUTED TOMOGRAPHY FOR THE DETECTION AND FOLLOW-UP OF SMALL SOLID PULMONARY NODULES

Background: Detection of small solid pulmonary nodules (<5 mm) on chest CT remains challenging due to their subtle appearance and risk of being overlooked on thin-section images. Maximum Intensity Projection (MIP) reconstruction enhances high-density structures and may improve detection.

Objective: To evaluate the role of MIP at different slab thicknesses in detecting and monitoring small solid pulmonary nodules (<5 mm).

Methods: A prospective study was conducted on 55 patients with solid pulmonary nodules <5 mm at the National Lung Hospital from June 2023 to October 2025. CT datasets were reconstructed into four image sets: MIP0 (axial), MIP5, MIP10, and MIP15. Two radiologists independently reviewed the images. The number, size, location, and morphological features of nodules were analyzed and compared using statistical tests.

Results: A total of 129 nodules were analyzed. MIP significantly increased nodule detection compared with MIP0, with MIP5 and MIP10 showing statistically significant differences ($p < 0.001$). No significant difference was found between MIP5 and MIP10 ($p > 0.05$), although MIP10 showed a trend toward higher detection. MIP15 reduced detection performance. Interobserver agreement was high ($p > 0.05$). Most nodules were located in the lower lobes and had smooth margins. During follow-up, 16 nodules (12.4%) increased in size, some of which were confirmed as malignant or premalignant lesions.

Conclusion: MIP significantly improves the detection of small pulmonary nodules, with optimal performance at 5–10 mm slab thickness, particularly MIP10. Follow-up findings indicate that a subset of small nodules may progress, highlighting the importance of early detection and periodic surveillance.

Key words: pulmonary nodule, maximum-intensity-projection, lung cancer.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Kỹ thuật hình chiếu cường độ tối đa (Maximum Intensity Projection – MIP) là phương pháp xử lý hậu kỳ giúp làm nổi bật các cấu trúc có tỷ trọng cao trên dữ liệu cắt lớp vi tính (CLVT) [1]. Trong chẩn đoán hình ảnh lồng ngực, MIP đặc biệt hữu ích trong phát hiện các nốt phổi nhỏ, vốn dễ bị bỏ sót trên các lát cắt mỏng thông thường [2]. Các nốt phổi kích thước

¹Bệnh viện Phổi Trung ương

Tác giả chịu trách nhiệm chính: Hoàng Văn Lương

Email: bshoangluong@gmail.com

Mã bài: N644

Ngày nhận bài: 7/4/2026

Ngày phản biện khoa học: 6/4/2026

Ngày duyệt bài: 10/5/2026

<5 mm có ý nghĩa quan trọng trong phát hiện sớm ung thư phổi, tuy nhiên việc nhận diện còn nhiều hạn chế [3]. Do đó, việc tối ưu hóa kỹ thuật tái tạo hình ảnh là cần thiết. Nghiên cứu này nhằm đánh giá vai trò của MIP ở các độ dày khác nhau trong phát hiện và theo dõi nốt đặc nhỏ ở phổi.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Bao gồm 55 bệnh nhân có nốt phổi đặc <5 mm, được chụp và theo dõi tại Bệnh viện Phổi Trung ương.

Tiêu chuẩn lựa chọn

Được chụp phim CLVT với độ dày lát cắt ≤ 1 mm

Có đầy đủ dữ liệu và theo dõi

Ảnh phim CLVT không bị nhiễu

Tiêu chuẩn loại trừ

Bệnh nhân mắc các bệnh có nhiều nốt nhỏ như lao phổi, bụi phổi, viêm phổi, sarcoidosis

Phim chụp không đúng protocol nghiên cứu

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Thiết kế nghiên cứu

Nghiên cứu tiền cứu, mô tả – phân tích

Bệnh nhân được chụp bằng máy CLVT đa dãy có độ dày lát cắt ≤ 1 mm, có áp dụng kỹ thuật hình chiếu cường độ tối đa với các mức độ: a) Ảnh CLVT thường quy (axial nguyên gốc, không xử lý MIP, đọc trên cửa sổ nhu mô phổi (WW/WL: 1200/-800) – quy ước là ảnh MIP0); b) Ảnh MIP với cường độ chiếu tối đa tương đương độ dày 5 mm (ảnh MIP5); c) Ảnh MIP với cường độ chiếu tối đa tương đương độ dày 10 mm (ảnh MIP10); d) Ảnh MIP với cường độ chiếu tối đa tương đương độ dày 15 mm (ảnh MIP15)

Tất cả các seri phim được đọc độc lập bởi hai bác sĩ chuyên khoa chẩn đoán hình ảnh có kinh nghiệm và không trao đổi kết quả với nhau.

Mỗi bác sĩ sẽ đọc từng bộ ảnh riêng biệt với thời gian cách nhau tối thiểu 2 tuần giữa các lần phân

tích để hạn chế ảnh hưởng của việc ghi nhớ kết quả trước đó về việc phát hiện nốt, giúp tăng tính khách quan và độ tin cậy của việc ghi nhận số lượng và đặc điểm nốt phổi.

Chụp lại phim sau 6 tháng.

Biến số nghiên cứu

Số lượng nốt

Kích thước

Vị trí (theo thùy phổi)

Đặc điểm đường bờ

Xử lý số liệu

Số liệu thu thập được sẽ xử lý theo thuật toán thống kê y học bằng phần mềm SPSS 26.0. Sử dụng các kiểm định Paired Sample t-test. Tìm mối tương quan và nghĩa thống kê được xác định với $p < 0,05$.

Đạo đức nghiên cứu

Nghiên cứu được tiến hành trung thực, chính xác, tôn trọng bệnh nhân. Các thông tin của đối tượng nghiên cứu sẽ được đảm bảo giữ bí mật và chỉ sử dụng cho mục đích nghiên cứu.

Nghiên cứu chỉ tiến hành thu thập thông tin từ hồ sơ bệnh án, không gây ảnh hưởng đến quá trình điều trị của bệnh nhân và không ảnh hưởng đến các hoạt động khám, chữa bệnh của bệnh viện.

III. KẾT QUẢ

3.1. Đặc điểm chung

Bảng 1. Đặc điểm tuổi theo giới

Đặc điểm	Nam (n = 15)	Nữ (n = 24)	Chung (n = 39)
Tuổi nhỏ nhất	22	27	22
Tuổi lớn nhất	68	66	68
Tuổi trung bình ($\pm$ SD)	48,8 $\pm$ 13,1	44,8 $\pm$ 9,3	46,1 $\pm$ 10,9

Nhận xét: Tuổi trung bình: 46,18 $\pm$ 10,9; nhóm 40–49 chiếm tỷ lệ cao nhất. Nữ chiếm 61,5%.

3.2. Đặc điểm hình ảnh

Bảng 2: Kích thước trung bình nốt BS1 và BS2 đọc ở các MIP khác nhau (n=129)

Mức MIP (mm)	BS1 Trung bình $\pm$ SD (mm)	BS2 Trung bình $\pm$ SD (mm)	Nhỏ nhất (mm)	Lớn nhất (mm)
0	3,78 $\pm$ 1,1	3,87 $\pm$ 1,0	1	5
5	3,54 $\pm$ 0,92	3,44 $\pm$ 0,87	1	5
10	3,26 $\pm$ 0,8	3,57 $\pm$ 0,9	1	5
15	4,00 $\pm$ 1,0	3,75 $\pm$ 1,0	1	5

Nhận xét: Kích thước trung bình của các nốt phổi do hai bác sĩ đo ở các mức MIP khác nhau tương đồng, dao động nhẹ trong khoảng 3–4 mm. Giá trị đo được có xu hướng giảm dần khi tăng độ dày MIP từ 0 mm đến 10 mm, sau đó tăng nhẹ ở MIP 15 mm.

Bảng 3. Đặc điểm đường bờ tổn thương ở các MIP khác nhau (n=129)

Đặc điểm bờ	MIP0n(%)		MIP5 n(%)		MIP10n(%)		MIP15n(%)	
	BS1	BS2	BS1	BS2	BS1	BS2	BS1	BS2
Đều	71 (92,2)	70 (91,0)	120 (96,0)	120 (96,0)	120 (96,0)	120 (96,0)	82 (93,2)	79 (92,9)
Không đều	2(2,6)	2 (2,6)	1 (0,8)	2 (1,6)	2 (1,6)	2 (1,6)	2 (2,3)	2 (2,3)
Đa cung	4(5,2)	4 (5,2)	3 (2,4)	2 (1,6)	3 (2,4)	2 (1,6)	3 (3,4)	3 (3,4)
Tua gai	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

Nhận xét: Đa số các nốt phổi có bờ đều ở tất cả các mức MIP và giữa hai bác sĩ đọc phim, chiếm tỷ lệ rất cao (trên 90%). Các dạng bờ khác có tỷ lệ rất thấp hoặc không có.

Bảng 4. Phân bố số nốt theo thùy phổi ở các mức MIP (BS1 và BS2) (n=129)

Thùy phổi	MIP0		MIP5		MIP10		MIP15	
	BS1	BS2	BS1	BS2	BS1	BS2	BS1	BS2
Thùy trên P	17	16	24	23	26	24	14	13
Thùy giữa P	12	9	18	18	18	18	15	14
Thùy dưới P	18	21	34	32	34	37	22	23
Thùy trên T	11	12	16	18	20	18	12	11
Thùy dưới T	19	18	32	33	31	31	24	23
Tổng	77	76	124	124	129	128	87	84

Nhận xét: Hầu hết nốt tập trung nhiều ở thùy dưới hai phổi, các phát hiện tăng cao ở MIP10 ở cả hai bác sĩ, giảm ở các MIP còn lại.

Bảng 5. Đánh giá mức độ đồng thuận giữa 2 bác sĩ

So sánh cặp BS1 với BS2	Trung bình BS 1 (±SD)	Trung bình BS 2 (±SD)	Hiệu số TB (1–2)	p
MIP 0	1,97±1,0	1,95±0,9	0,026	0,786
MIP5	3,18±1,5	3,18±1,3	0	1
MIP10	3,31±1,5	3,28±1,5	0,026	0,786
MIP15	2,23±1,1	2,15±1,0	0,077	0,083

Nhận xét: Giữa hai bác sĩ đọc phim, giá trị trung bình số lượng nốt phổi phát hiện được ở các mức MIP (0, 5, 10 và 15) khá tương đồng, và các giá trị p đều > 0,05.

Bảng 6. So sánh kết quả phát hiện tổn thương nốt phổi giữa MIP0, MIP5, MIP10 và MIP15 của Bác sĩ số 1

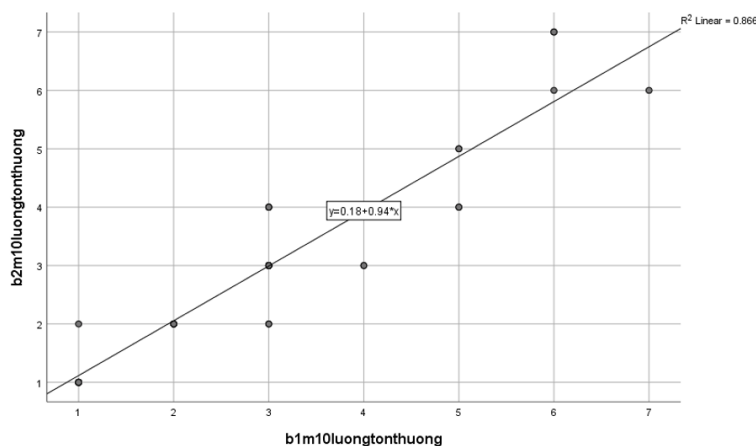
So sánh cặp MIP	Trung bình MIP A (±SD)	Trung bình MIP B (±SD)	Hiệu số TB (A–B)	p
0 với 5	1,97±1,0	3,18±1,5	-1,2	<0,001
0 với 10	1,97±1,0	3,31±1,5	-1,3	<0,001
0 với 15	1,97±1,0	2,23±1,1	-0,25	0,086
5 với 10	3,18±1,5	3,31±1,5	-0,12	0,168
5 với 15	3,18±1,5	2,23±1,1	0,94	<0,001
10 với 15	3,31±1,5	2,23±1,1	1,0	<0,001

Nhận xét: Số lượng nốt phổi trung bình phát hiện được tăng rõ rệt khi chuyển từ MIP0 sang MIP5 và MIP10, với sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,001$). Giữa MIP5 và MIP10 không có sự khác biệt đáng kể, trong khi số lượng nốt phát hiện ở MIP15 giảm so với hai mức này ($p < 0,001$).

Bảng 7. So sánh kết quả phát hiện tổn thương nốt phổi giữa MIP0, MIP5, MIP10 và MIP15 của Bác sĩ số 2

So sánh cặp MIP	Trung bình MIP A (±SD)	Trung bình MIP B (±SD)	Hiệu số TB (A-B)	p
0 với 5	1,95±0,9	3,18±1,3	-1,2	<0,001
0 với 10	1,95±0,9	3,28±1,5	-1,3	<0,001
0 với 15	1,95±0,9	2,15±1,0	-0,20	0,16
5 với 10	3,18±1,3	3,28±1,5	-0,10	0,253
5 với 15	3,18±1,3	2,15±1,0	1,02	<0,001
10 với 15	3,28±1,5	2,15±1,0	1,12	<0,001

Nhận xét: Kết quả so sánh cho thấy số lượng nốt phổi phát hiện tăng rõ rệt khi sử dụng MIP, đặc biệt ở các mức 5 mm và 10 mm so với lát cắt mỏng ban đầu. Hiệu quả phát hiện giữa MIP 5 và 10 mm tương đương nhau, không có khác biệt có ý nghĩa thống kê. Ngược lại, khi tăng độ dày lên 15 mm, số nốt phát hiện giảm đáng kể



Biểu đồ 1. Biểu đồ phân tán và đường hồi quy tuyến tính của 2 BS đọc phim với MIP 10

Nhận xét: Biểu đồ cho thấy mối tương quan tuyến tính chặt chẽ giữa số lượng nốt phổi phát hiện được ở MIP10 giữa hai bác sĩ đọc phim. Hệ số xác định $R^2 = 0,866$ chứng tỏ sự tương quan rất mạnh, với phương trình hồi quy tuyến tính $y = 0,18 + 0,94x$ → Tính lặp lại cao

3.3. Theo dõi nốt

Bảng 8. Sự phát triển theo thời gian của nốt phổi ($n = 16$)

Tính chất	n (%)	Số lượng nốt (n;%)	Kích thước ban đầu (mm)	Kích thước sau theo dõi (mm)	Thời gian theo dõi (tháng)
Nốt phát triển	16 (12.4)	2 (12.5)	5	8	12
		3 (18.7)	4	6	8
		5 (31.2)	4	9	7
		4 (25.0)	4	7	6
		1 (6.2)	5	10	12
		1 (6.2)	5	8	18
Nốt không phát triển	113 (87.6)	Không đổi	Không đổi	Không đổi	

Nhận xét: qua theo dõi chỉ có 16/129 nốt phát triển ở 7 bệnh nhân, trong đó có 5 nốt trong 7 tháng đã

tăng gấp đôi kích thước, 1 nốt sau 1 năm tăng gấp đôi kích thước, còn lại tăng lên khoảng 1,5 lần kích thước. Thời gian theo dõi 6-12 tháng.

IV. BÀN LUẬN

Kết quả nghiên cứu của chúng tôi cho thấy kỹ thuật MIP giúp cải thiện rõ rệt khả năng phát hiện nốt phổi nhỏ (<5 mm), đặc biệt ở các mức tái tạo 5 mm và 10 mm. Điều này phù hợp với cơ chế của MIP khi tích hợp các voxel có tỷ trọng cao, làm tăng tương phản giữa nốt phổi và nhu mô xung quanh, từ đó giúp các tổn thương nhỏ trở nên dễ nhận diện hơn.

Kết quả này tương đồng với nhiều nghiên cứu trước đây. Valencia R và cộng sự (2006) ghi nhận MIP10 có độ nhạy cao nhất trong phát hiện nốt nhỏ[4], trong khi Zheng S. (2020) cũng cho thấy độ nhạy tăng dần khi tăng độ dày MIP từ 1 đến 10 mm, sau đó giảm khi độ dày lớn hơn[5]. Điều này giải thích vì sao trong nghiên cứu của chúng tôi, MIP15 làm giảm số lượng nốt phát hiện do hiện tượng chồng hình, gây che lấp các nốt nhỏ.

Một điểm đáng chú ý là mặc dù MIP cải thiện khả năng phát hiện, nhưng không làm thay đổi đặc điểm hình thái của nốt. Đa số các nốt trong nghiên cứu có bờ đều và phân bố ngoại vi, phù hợp với các nghiên cứu trước đây về nốt nhỏ, trong đó đặc điểm hình thái thường ít có giá trị phân biệt lành – ác tính khi kích thước <5 mm.

Độ đồng thuận cao giữa hai bác sĩ đọc phim trong nghiên cứu ($p > 0,05$ ở tất cả các mức MIP) cho thấy tính lặp lại và độ tin cậy cao của kỹ thuật này, đặc biệt ở mức MIP10, nơi có tương quan tuyến tính rất mạnh giữa hai người đọc ($R^2 = 0,866$).

Một phát hiện quan trọng của nghiên cứu là trong quá trình theo dõi, có 16/129 nốt (12,4%) tăng kích thước, trong đó một số nốt tăng gấp đôi trong thời gian từ 6–12 tháng và được xác định là tổn thương ác tính hoặc tiền ung thư. Điều này nhấn mạnh rằng ngay cả các nốt nhỏ dưới 5 mm, vốn thường được coi là nguy cơ thấp, vẫn có thể tiến triển và mang ý nghĩa lâm sàng quan trọng. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu Ocaña-Tienda và cộng sự (2024) cho thấy các nốt phổi ác tính thường có xu hướng tăng trưởng nhanh hoặc tăng trưởng không tuyến tính theo thời gian, trong khi nốt lành tính thường ổn định hoặc tăng trưởng chậm[6]. Ngoài ra, khuyến cáo của Fleischner Society (2017) và NCCN (2024) cũng nhấn mạnh vai trò của theo dõi định kỳ đối với các nốt nhỏ, đặc biệt ở những bệnh nhân có yếu tố nguy cơ[7,8]. Việc sử dụng MIP trong thực hành lâm sàng không chỉ giúp phát hiện sớm mà còn góp phần theo dõi chính xác sự thay đổi kích thước theo thời gian.

Tuy nhiên, nghiên cứu còn một số hạn chế như cỡ mẫu còn nhỏ và chưa phân tích sâu các yếu tố nguy cơ lâm sàng. Ngoài ra, việc đo kích thước nốt nhỏ vẫn có thể chịu ảnh hưởng bởi sai số chủ quan giữa các người đọc.

V. KẾT LUẬN

Kỹ thuật MIP cải thiện đáng kể khả năng phát hiện nốt phổi đặc <5 mm so với ảnh CLVT thông thường. MIP5 và MIP10 là các mức tái tạo tối ưu, trong đó MIP10 cho hiệu quả cao nhất. MIP15 làm giảm khả năng phát hiện do hiện tượng chồng hình. Độ đồng thuận giữa các bác sĩ cao, khẳng định tính tin cậy của phương pháp. Đáng chú ý, một tỷ lệ không nhỏ các nốt nhỏ (12,4%) có tiến triển kích thước trong quá trình theo dõi, trong đó có các trường hợp ác tính hoặc tiền ác tính, cho thấy ý nghĩa lâm sàng quan trọng của việc phát hiện sớm và theo dõi định kỳ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Jabeen N, Qureshi R, Sattar A, Baloch M. Diagnostic accuracy of maximum intensity projection in diagnosis of malignant pulmonary nodules. *Cureus*. 2019;11(11):e6120.
2. Gülerüz Kızıl P, et al. Diagnostic importance of maximum intensity projection technique in the identification of small pulmonary nodules with computed tomography. *Tuberk Toraks*. 2020;68(1):35-42.
3. Gould MK, et al. Evaluation of individuals with pulmonary nodules: when is it lung cancer? Diagnosis and management of lung cancer, 3rd ed: American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines. *Chest*. 2013;143(5 suppl):e93S-e120S.
4. Valencia R, et al. Value of axial and coronal maximum intensity projection (MIP) images in the detection of pulmonary nodules by multislice spiral CT: comparison with axial 1-mm and 5-mm slices. *Eur Radiol*. 2006;16(2):325-332.
5. Zheng S, et al. Deep learning-based pulmonary nodule detection: effect of slab thickness in maximum intensity projections at the nodule candidate detection stage. *Comput Methods Programs Biomed*. 2020;196:105620.
6. Ocaña-Tienda B, Eroles-Simó A, Pérez-Beteta J, Arana E, Pérez-García VM. Growth dynamics of lung nodules: implications for classification in lung cancer screening. *Cancer Imaging*. 2024;24(1):113.
7. MacMahon H, et al. Guidelines for management of incidental pulmonary nodules detected on CT images: from the Fleischner Society 2017. *Radiology*. 2017;284(1):228-243.
8. Riely GJ, Wood DE, Ettinger DS, et al. Non-small cell lung cancer, version 4.2024. NCCN clinical practice guidelines in oncology. *J Natl Compr Canc Netw*. 2024;22(4):249-274.