

KẾT QUẢ BƯỚC ĐẦU TRONG ĐÁNH GIÁ TÌNH TRẠNG TÁI HẸP SAU ĐẶT STENT MẠCH VÀNH TRÊN MÁY CHỤP CẮT LỚP VI TÍNH LƯỢNG TỬ TẠI BỆNH VIỆN BẠCH MAI

Nguyễn Khôi Việt¹
Nguyễn Văn Tú¹
Nguyễn Ngọc Tráng¹
Nguyễn Thị Huyền¹
Hoàng Thị Vân Hoa¹
Lê Thị Thùy Liên¹
Phùng Bảo Ngọc¹
Trần Thị Lý¹
Trần Thị Quỳnh¹
Vũ Đăng Lưu²

¹ Viện Điện quang Chẩn đoán và Can thiệp, Bệnh viện Bạch Mai

² Trường Đại học Y Hà Nội

***Tác giả chịu trách nhiệm:**
Nguyễn Văn Tú
Bệnh viện Bạch Mai
Email: drtuhmu@gmail.com

TÓM TẮT

Đặt stent động mạch vành là phương pháp can thiệp hiệu quả và được áp dụng rộng rãi giúp tái khôi phục nhanh chóng tưới máu cơ tim. Tuy nhiên, chẩn đoán và phát hiện sớm tình trạng tái hẹp trong lòng stent vẫn là một thách thức. Sự ra đời của công nghệ chụp cắt lớp vi tính lượng tử (PCD-CT) đã đánh dấu bước tiến quan trọng trong chẩn đoán hình ảnh tim mạch. Nhờ khả năng mang lại độ phân giải không gian cao hơn đáng kể, giảm nhiễu và xảo ảnh kim loại, đặc biệt ở các stent đường kính nhỏ, stent chống hoặc trong mạch vành vôi hóa nặng so với các máy chụp thông thường. Những đặc tính này cho phép quan sát trực tiếp cấu trúc trong stent và thành mạch lân cận với độ tin cậy cao hơn. Nhờ đó, PCD-CT có tiềm năng trở thành công cụ hình ảnh không xâm lấn tối ưu trong theo dõi bệnh nhân sau đặt stent động mạch vành.

Tại Viện Điện quang Chẩn đoán và Can thiệp - Bệnh viện Bạch Mai, hệ thống máy chụp cắt lớp vi tính lượng tử đã được triển khai từ tháng 12 năm 2025. Trong giai đoạn một tháng đầu, chúng tôi đã ứng dụng kỹ thuật này cho 09 bệnh nhân có tiền sử đặt stent động mạch vành, được chỉ định chụp nhằm đánh giá nghi ngờ tái hẹp hoặc theo dõi định kỳ, hai trong số đó đã được chụp mạch DSA đối chiếu. Báo cáo chòm ca bệnh này nhằm trình bày kinh nghiệm ban đầu của chúng tôi về giá trị của PCD-CT trong đánh giá tình trạng tái hẹp sau đặt stent, nhấn mạnh chất lượng hình ảnh vượt trội và khả năng đánh giá không xâm lấn đáng tin cậy, qua đó cho thấy tiềm năng mở rộng ứng dụng lâm sàng của công nghệ này trong thực hành tim mạch tại Việt Nam.

Từ khóa: Cắt lớp vi tính lượng tử; Stent động mạch vành; Tái hẹp trong stent.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Stent động mạch vành là phương thức can thiệp nền tảng trong điều trị tái thông mạch vành. Mặc dù hiệu quả trước mắt rõ rệt, tái hẹp trong stent vẫn là vấn đề lâm sàng đáng kể, làm tăng nguy cơ tái phát và

biến cố tim mạch, đồng thời kéo theo nhu cầu đánh giá lại độ thông thoáng của stent^{1,2}. Trước thực tế đó, việc phát triển các phương pháp chẩn đoán hình ảnh không xâm lấn, an toàn và có độ tin cậy cao trong đánh giá lòng stent đã trở thành một mối quan tâm lâm sàng quan trọng.

Những tiến bộ trong công nghệ chụp cắt lớp vi tính đa dãy (MDCT) đã làm tăng độ chính xác của chụp mạch vành không xâm lấn và đang được ứng dụng rộng rãi³. Tuy nhiên, khả năng khảo sát tái hẹp trong stent của MDCT vẫn còn nhiều hạn chế, chủ yếu do xảo ảnh kim loại và hiện tượng blooming gây ra bởi các thanh chống stent, làm tăng giả bề dày thành stent và che lấp lòng mạch⁴. Các hạn chế này trở nên rõ rệt hơn ở những stent có đường kính nhỏ (<3mm), stent chống hoặc trong bối cảnh vôi hóa mạch vành nặng^{5,7}. Mặc dù đã có những cải tiến, MDCT thông thường vẫn khó đạt được độ tin cậy chẩn đoán cao khi so sánh với chụp mạch vành xâm lấn (DSA), vốn được xem là phương pháp tham chiếu trong đánh giá lòng mạch.

Chụp cắt lớp vi tính lượng tử (PCD-CT) đại diện cho một bước tiến công nghệ quan trọng, với đầu dò đếm photon cho phép ghi nhận trực tiếp từng photon tia X và phân loại theo mức năng lượng. Nhờ cơ chế này, PCD-CT đạt được độ phân giải không gian cao hơn đáng kể so với chụp cắt lớp thông thường, đồng thời làm giảm nhiễu ảnh và xảo ảnh kim loại. Những đặc điểm này có ý nghĩa đặc biệt trong đánh giá lòng stent động mạch vành, khi việc giảm thiểu hiện tượng blooming cho phép quan sát rõ hơn lòng mạch thực sự và các cấu trúc thành mạch lân cận. Các nghiên cứu gần đây đã ghi nhận rằng PCD-CT cải thiện rõ rệt khả năng bộc lộ lòng stent và nâng cao độ tin

cậy trong phát hiện cũng như loại trừ tái hẹp trong stent, cho thấy hiệu suất chẩn đoán của PCD-CT tương đối tiệm cận với chụp mạch vành xâm lấn (DSA). Bên cạnh đó, khả năng tái tạo hình ảnh với lát cắt siêu mỏng và mức độ phụ thuộc thấp hơn vào nhịp tim được xem là những yếu tố góp phần mở rộng tiềm năng ứng dụng của PCD-CT trong thực hành lâm sàng thường quy⁸.

Trên cơ sở đó, báo cáo này được thực hiện nhằm thể hiện vai trò bước đầu của chụp cắt lớp vi tính lượng tử trong đánh giá mức độ lưu thông của stent động mạch vành, tập trung vào khả năng cải thiện chất lượng hình ảnh và giá trị chẩn đoán so với chụp cắt lớp vi tính thông thường, qua đó làm rõ tiềm năng của PCD-CT như một phương tiện chẩn đoán hình ảnh không xâm lấn hiệu quả trong theo dõi bệnh nhân sau đặt stent.

2. BÁO CÁO CA LÂM SÀNG

Với 09 bệnh nhân được đưa vào phân tích. Tất cả đều có tiền sử can thiệp mạch vành qua da với stent phủ thuốc (DES) và được chỉ định chụp cắt lớp vi tính lượng tử (PCD-CT) do nghi ngờ tái hẹp trong stent tái phát (n=5) hoặc theo dõi định kỳ sau can thiệp (n=4). Tại thời điểm chụp, các bệnh nhân ổn định về lâm sàng và huyết động, và không trường hợp nào cần kiểm soát nhịp tim tích cực trước khảo sát.

Bảng 1. Tóm tắt thông tin của các bệnh nhân được quan sát

Bệnh nhân	Tuổi	Giới	Nhịp tim	Vị trí stent	Số lượng	Đường kính	Mức độ hẹp do ISR	Nhiều ảnh
1	77	Nam	60	LAD1-2	2	4.1	28%	Không
2	76	Nam	57	RCA1, LAD1	2	3.7	0%	Không
3	45	Nam	65	RCA3	1	2.7	15%	Không
4	69	Nam	59	RAC2, LAD2	2	3.5	15%	Không
5	66	Nam	72	LCX3	1	2.6	30%	Không
6	54	Nam	78	RCA2-3, LAD1	3	3.6	20-70%	Nhẹ
7	58	Nam	59	RCA2-3	2	3.5	90%	Nhẹ
8	71	Nam	75	LAD1-2	2	3.8	10%	Không
9	66	Nữ	69	LAD1-2	2	3.6	0%	Không

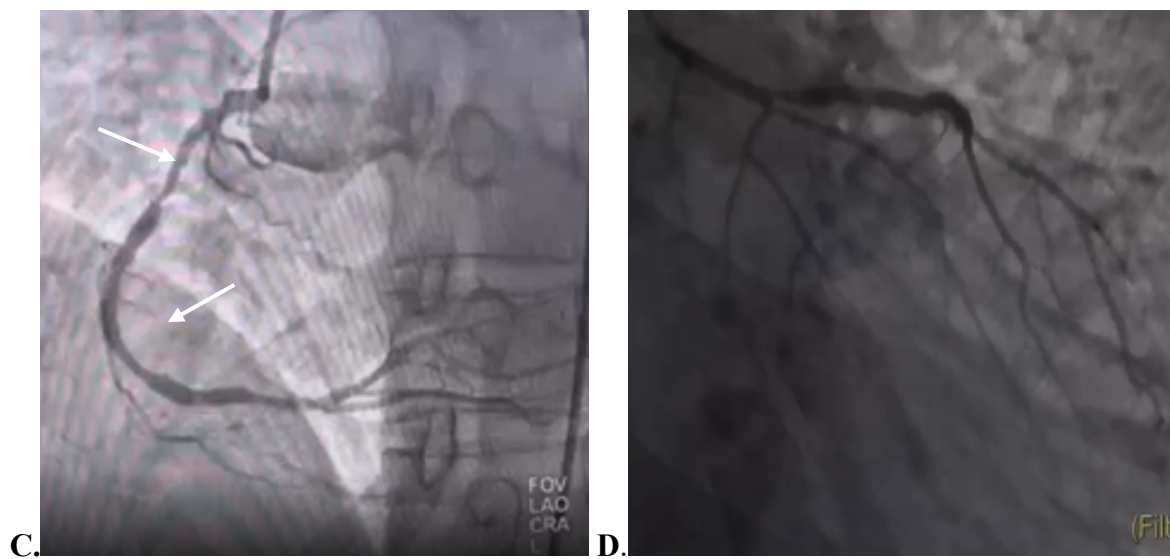
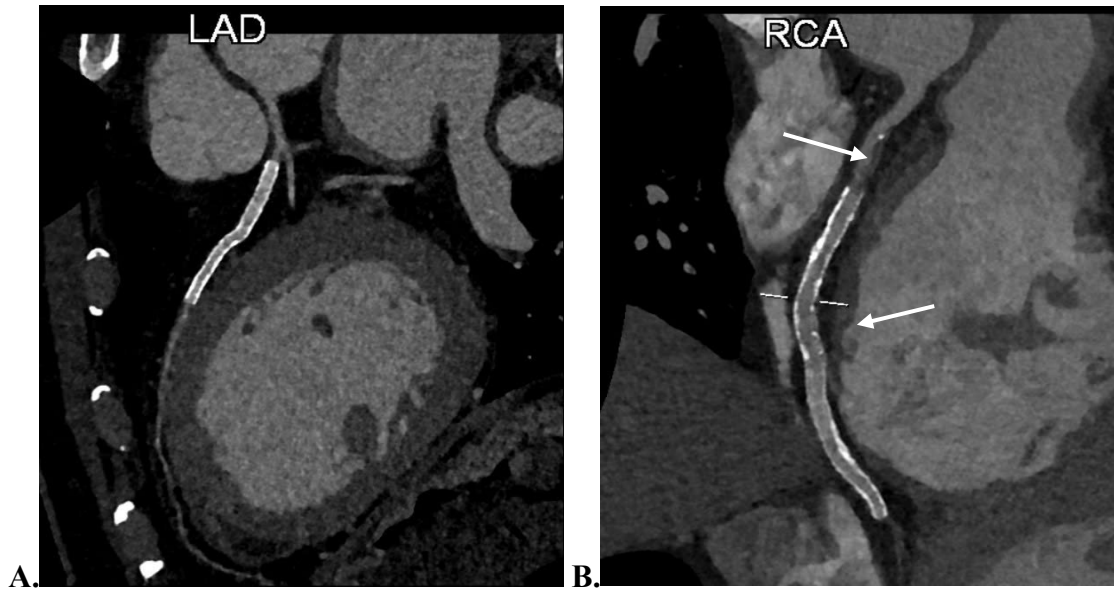
Hình ảnh được thu nhận trên hệ thống cắt lớp vi tính lượng tử NAEOTOM Alpha (Siemens Healthineers) ở chế độ độ phân giải siêu cao, với độ dày lát cắt 0,2 mm. Dữ liệu được tái tạo bằng kernel mạch máu sắc nét kết hợp hình ảnh đơn năng ảo nhằm giảm xảo ảnh kim loại và cải thiện khả năng đánh giá lòng stent. Trong 09 trường hợp, có 07 bệnh nhân được phát hiện có tái hẹp trong stent với mức độ từ nhẹ (<50%) đến nặng (>70%). Tất cả các stent đều được quan sát đầy đủ, không có đoạn nào không đánh giá được, kể cả stent đường kính nhỏ dưới 3 mm. Hiện tượng blooming rất hạn chế, cho phép đo chính xác mức độ xơ vữa, tái hẹp trong stent.

Hai trường hợp chụp mạch vành xâm lấn để đối chiếu, cho kết quả hoàn toàn tương đồng với PCD-CT về mức độ và hình thái hẹp, không có sự khác biệt đáng kể về đường kính và diện tích lòng mạch. Về bản chất tổn thương, phần lớn ISR liên quan đến tăng sinh tân nội mạc dạng xơ mềm hoặc hỗn hợp, biểu hiện khu trú hoặc lan tỏa dọc

theo chiều dài stent. Những kết quả này cho thấy PCD-CT là phương tiện không xâm lấn đáng tin cậy trong theo dõi tái hẹp trong stent, đặc biệt ở bệnh nhân nguy cơ cao, giúp giảm nhu cầu chụp mạch xâm lấn lặp lại và hỗ trợ quyết định điều trị dựa trên đánh giá hình ảnh chính xác.

Hai trường hợp chụp DSA đối chiếu được coi là biểu tượng để giải thích vai trò của PCD-CT trong đánh giá tái hẹp sau đặt stent mạch vành.

Trường hợp 1: Bệnh nhân nam 54 tuổi, tiền sử đau ngực không ổn định, đã được đặt stent động mạch vành phải (RCA) và động mạch liên thất trước (LAD). Chụp cắt lớp vi tính lượng tử động mạch vành được thực hiện ở nhịp tim 78 lần/phút, ghi nhận tổn thương mạch vành mức độ nặng (CAD-RADS 4A/P4/E/S), bao gồm hẹp-tắc đáng kể đoạn trước stent RCA do mảng xơ vữa chủ yếu không vôi hóa, đồng thời tái hẹp trong cả hai stent RCA và LAD, với thành phần mô mềm chiếm ưu thế.

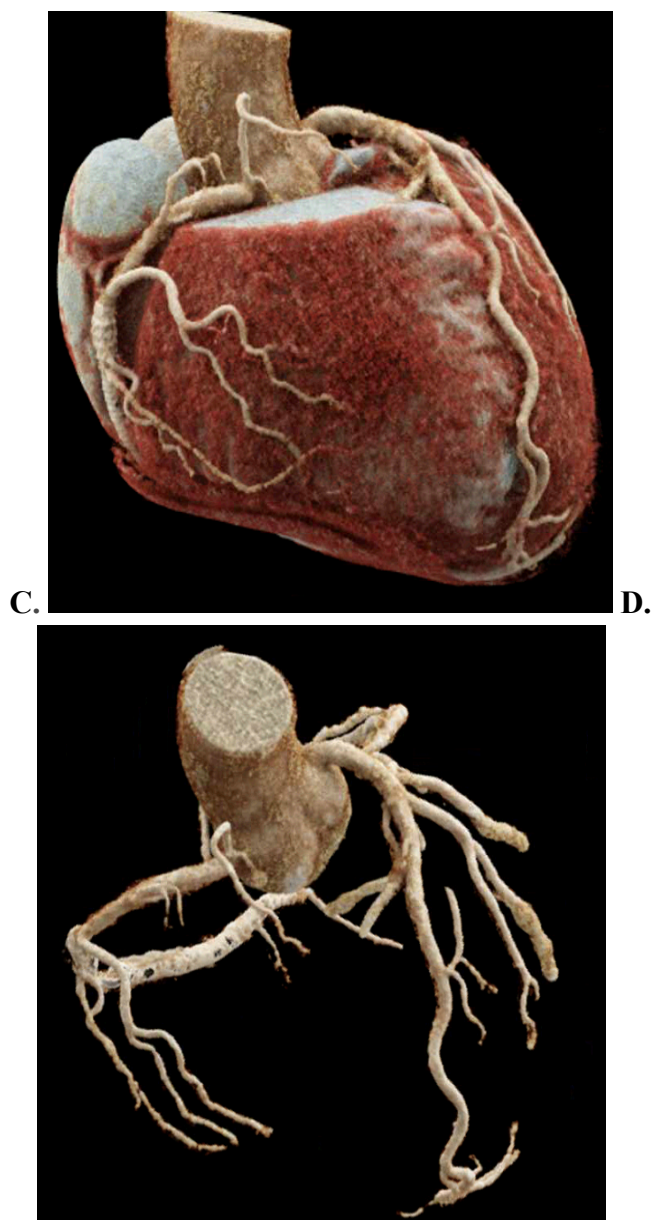


Chụp mạch vành can thiệp (DSA) xác nhận sự hiện diện của mảng xơ vữa trước, trong và sau stent, với các tổn thương xơ vữa không đồng nhất quanh chu vi. Các phép đo thu được từ DSA và PCD-CT cho thấy mối tương quan mạnh mẽ, với sự khác biệt nhỏ về diện tích lòng mạch, đường kính stent.

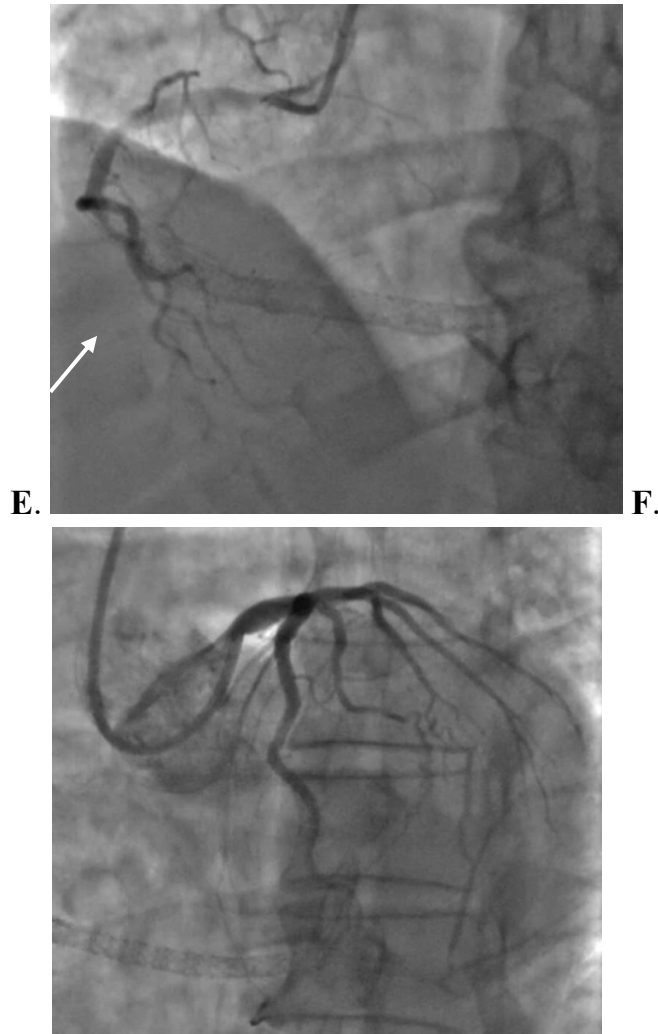
Trường hợp 2: Bệnh nhân nam 58 tuổi, có tiền sử nhồi máu cơ tim vùng trước vách, được điều trị can thiệp mạch vành qua da với stent động mạch vành phải (RCA), bệnh nhân này xuất hiện các cơn đau thắt ngực không điển hình tái phát, nghi ngờ có tái hẹp trong lòng stent. Chụp cắt lớp vi tính lượng tử (NAEOTOM Alpha (PCD-CT)) có tiêm thuốc cản quang được thực hiện ở nhịp tim trung bình 59 nhịp/phút để đánh giá lưu thông của stent và tình trạng mạch vành.



Hình 3. (A) Hình ảnh tái tạo đa mặt phẳng: Stent ở đoạn giữa RCA bị tắc hoàn toàn, không còn thấy hiện hình dòng chảy trong stent. (B) Hình ảnh tái tạo đa mặt phẳng: LAD tương đối thông thoáng, có xơ vữa mềm rải rác, chủ yếu đoạn LAD1, không gây hẹp đáng kể lòng mạch.



Hình 4. (C),(D) Hình ảnh dựng hình tái tạo 3D tim và mạch vành, cho thấy hiện hình rõ stent RCA và bàng hệ từ đoạn trước stent RCA và đoạn xa LAD.



Hình 5. (E) Hình ảnh chụp mạch vành xâm lấn của RCA giúp xác nhận kết quả quan sát thấy trên PCD CT, tắc hoàn toàn RCA (mũi tên trên), kèm tăng sinh các nhánh bàng hệ ngay trước stent (mũi tên dưới); hình ảnh chụp DSA hoàn toàn tương xứng với dựng hình 3D mạch vành. (F) Hình ảnh chụp mạch vành xâm lấn của LAD quan sát thấy LAD tương đối thông thoáng, đoạn xa có tăng sinh bàng hệ tới nhánh RCA.

Các trường hợp nêu trên cho thấy chụp cắt lớp vi tính lượng tử (PCD-CT) cho phép hình ảnh hóa stent và đặc điểm tình trạng tái hẹp trước, trong và sau stent (ISR) với độ phân giải cực cao, tương đồng với kết quả DSA – được coi là tiêu chuẩn vàng. Những kết quả này thêm nhấn mạnh giá trị và tiềm năng lâm sàng của PCD-CT như một công cụ không xâm lấn đầy hứa hẹn để đánh giá độ thông suốt của stent.

3. BÀN LUẬN

Kết quả bước đầu của chúng tôi cho thấy PCD-CT đáp ứng tốt các yêu cầu và mang lại lợi thế rõ rệt trong đánh giá stent động mạch vành. Hình ảnh thu được cho phép quan sát trực tiếp lòng stent với chất lượng ổn định, giúp nhận diện tổn thương và định lượng mức độ hẹp với độ tin cậy cao hơn so với kinh nghiệm trước đây với cắt lớp vi tính thông thường. Giá trị chẩn đoán được

ghi nhận ngay cả trong những trường hợp stent nhỏ, rối loạn nhịp tim hoặc tổn thương phức tạp, cho thấy tiềm năng ứng dụng rộng rãi của PCD-CT trong thực hành thường quy. Những kết quả này cũng tương đồng với các báo cáo quốc tế gần đây, củng cố vai trò của công nghệ như một phương thức hình ảnh không xâm lấn hiệu quả trong theo dõi bệnh nhân sau đặt stent⁸.

Trong loạt ca nghiên cứu gồm 09 bệnh nhân có tiền sử đặt stent động mạch vành, tất cả các stent đều có thể quan sát và phân tích được trên hình ảnh PCD-CT. Bảy trường hợp được phát hiện tái hẹp trong stent, với các tổn thương được nhận diện rõ ràng, cho phép đánh giá trực tiếp mức độ hẹp với độ tin cậy cao. Lòng stent và ranh giới thành mạch được thể hiện sắc nét, giảm đáng kể hiện tượng che lấp do kim loại, giúp tăng khả năng phát hiện tổn thương khi đọc phim. Đặc biệt, có hai bệnh nhân được chụp mạch vành số hóa xóa nền (DSA) đối chiếu, mức độ và vị trí tái hẹp ghi nhận trên PCD-CT hoàn toàn tương đồng với kết quả chụp mạch xâm lấn, qua đó củng cố giá trị chẩn đoán và độ chính xác của phương pháp. Ngoài ra, có một trường hợp có hẹp - tắc nặng lòng mạch đoạn trong stent, hệ thống tuần hoàn bàng hệ phía xa tổn thương cũng được nhận diện rõ trên PCD-CT, cung cấp thêm thông tin về tình trạng tưới máu và hỗ trợ định hướng chiến lược xử trí lâm sàng.

Các nghiên cứu quốc tế gần đây đã nhấn mạnh lợi thế của PCD-CT trong đánh giá ISR. Chẳng hạn, nghiên cứu năm 2025 của Shin và cộng sự³ báo cáo PCD-CT đạt độ chính xác tổng thể 88,9% trong phát hiện ISR tắc nghẽn (>50%), với độ nhạy 80%, độ

đặc hiệu 90,4% và giá trị tiên đoán âm tính (NPV) 96,4% khi so sánh với chụp mạch xâm lấn, và chỉ 1,1% đoạn không xác định. Hiệu suất không thay đổi đáng kể theo đường kính stent (<3mm so với >3mm) cho thấy sự vượt trội của PCD-CT trong đánh giá lòng stent, đặc biệt là các stent nhỏ - điểm yếu của máy chụp cắt lớp thông thường. Các báo cáo khác (Qin¹ và cộng sự 2024; Hagar⁴ và cộng sự 2024) cũng cho thấy PCD-CT cải thiện đáng kể khả năng quan sát stent nhờ độ phân giải không gian siêu cao và giảm nhiễu ảnh kim loại, dẫn đến độ tin cậy chẩn đoán gần với DSA, cho phép chẩn đoán ISR một cách đáng tin cậy mà không cần can thiệp xâm lấn. Các nghiên cứu này củng cố quan sát của chúng tôi về sự tương đồng giữa PCD-CT và DSA ở hai ca đối chiếu, đồng thời nhấn mạnh lợi thế giảm blooming và đánh giá chính xác ở stent nhỏ. Shin và cộng sự cũng báo cáo PCD-CT duy trì hiệu suất tốt ở stent nhỏ và bệnh nhân có nhịp tim biến đổi, phù hợp với quan sát của chúng tôi khi không cần kiểm soát nhịp tim nghiêm ngặt (nhịp tim dao động 57–78 nhịp/phút). Ở nhịp tim cao, tái tạo pha cuối tâm thu cho chất lượng tối ưu; ở nhịp tim thấp, pha tâm trương giữa ổn định hơn – điều này phù hợp với các khuyến cáo trước đây và cho thấy PCD-CT có thể duy trì chất lượng hình ảnh ổn định trong nhiều điều kiện sinh lý khác nhau mà không cần chuẩn bị phức tạp hoặc kiểm soát nhịp tim nghiêm ngặt.

Tuy nhiên, báo cáo của chúng tôi mới chỉ là đánh giá ban đầu với cỡ mẫu nhỏ và nhóm bệnh nhân có xác suất cao nghi ngờ tái hẹp, do đó chưa phản ánh đầy đủ giá trị chẩn đoán trong quần thể rộng hơn. Mặc dù vậy, những kết quả khả quan thu được đã

cho thấy PCD-CT có thể cung cấp hình ảnh lòng stent rõ ràng và đáng tin cậy bằng một phương pháp hoàn toàn không xâm lấn. Việc xác nhận các phát hiện này ở các nghiên cứu với quy mô lớn hơn có thể góp phần mở rộng chỉ định lâm sàng của PCD-CT như một công cụ hình ảnh ưu tiên trong phát hiện sớm, theo dõi định kỳ và quản lý tái hẹp sau đặt stent động mạch vành.

4. KẾT LUẬN

Kết quả bước đầu tại Viện của chúng tôi cho thấy chụp cắt lớp vi tính lượng tử là phương pháp hình ảnh không xâm lấn đầy triển vọng trong theo dõi bệnh nhân sau đặt stent động mạch vành, cho phép đánh giá lòng stent với độ tin cậy cao và nâng cao khả năng phát hiện tái hẹp. Việc triển khai kỹ thuật này trong thực hành thường quy có thể góp phần giảm nhu cầu thăm dò xâm lấn, tối ưu hóa chiến lược quản lý người bệnh và hướng tới trở thành chỉ định hình ảnh rộng rãi trong theo dõi sau can thiệp mạch vành.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Qin L, Shi J, Wang H, et al. Improvement of coronary stent visualization using ultra-high-resolution photon-counting detector CT. *Eur Radiol*. 2024;34(9):6568-6577.
2. Sharma SP, Goyal A, Singh S, et al. Diagnostic accuracy of ultra-high-resolution photon-counting detector computed tomography for detecting coronary in-stent restenosis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2025;18(12):1405-1407.
3. Shin D, Kim J, Lee H, et al. Photon-counting detector computed tomography for the assessment of coronary stents and in-stent restenosis. *EuroIntervention*. 2025.
4. Hagar MT, Decker JA, Emeis J, et al. Ultra-high-resolution photon-counting detector CT in evaluating coronary stent patency: a comparison to invasive coronary angiography. *Eur Radiol*. 2024;34(5):3125-3134.
5. Van der Bie J, van Assen M, Varga-Szemes A, et al. Photon-counting CT: an updated review of clinical results. *Eur J Radiol*. 2025;182:111845.
6. Gao Y, Yang Y, Hu Q, et al. Photon-counting CT improves coronary stent imaging and fat attenuation index assessment across reconstruction modes. *Eur J Radiol Open*. 2025;15:100695.
7. Verelst E, Buls N, De Mey J, et al. Stent appearance in a novel silicon-based photon-counting CT prototype: ex vivo phantom study in head-to-head comparison with conventional energy-integrating CT. *Eur Radiol Exp*. 2023;7:23.
8. Száraz L, Kulyassa P, Maurovich-Horvat P, et al. Photon-counting CT for coronary stent evaluation: OCT-validated case of severe in-stent restenosis. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2025;41:1845-1846.

ABSTRACT

INITIAL RESULTS IN ASSESSING IN-STENT RESTENOSIS AFTER CORONARY STENTING USING PHOTON-COUNTING DETECTOR CT AT BACH MAI HOSPITAL

Coronary artery stenting is an effective and widely used interventional procedure that rapidly restores myocardial perfusion. However, diagnosing and detecting in-stent restenosis early remains a significant challenge. The advent of photon-counting detector computed tomography (PCD-CT) represents an important advancement in cardiovascular imaging. This technology provides substantially higher spatial resolution, reduced noise, and fewer metal artifacts—particularly in small-diameter stents, overlapping stents, or heavily calcified coronary arteries—compared with conventional CT systems. These characteristics allow more reliable direct visualization of the stent lumen and adjacent vessel wall. Consequently, PCD-CT has the potential to become an optimal non-invasive imaging tool for the follow-up of patients after coronary stent implantation. At the Institute of Diagnostic and Interventional Radiology, Bach Mai Hospital, a photon-counting CT system has been implemented since December 2025. During the first month of clinical use, this technique was applied to nine patients with a history of coronary stent implantation who were referred for CT evaluation due to suspected in-stent restenosis or routine follow-up; two of these patients also underwent invasive coronary angiography (DSA) for comparison. This case series aims to present our initial experience regarding the value of PCD-CT in the assessment of in-stent restenosis, highlighting its superior image quality and reliable non-invasive evaluation capability, and demonstrating the potential for broader clinical application of this technology in cardiovascular practice in Vietnam.

Keywords: *Photon-counting computed tomography; Coronary artery stent; In-stent restenosis.*