

Giá trị của cắt lớp vi tính đa dãy hai mức năng lượng (DECT) có dựng hình mạch máu trước can thiệp nội mạch điều trị u phì đại lành tính tuyến tiền liệt

Phạm Hữu Khuyên¹, Lê Quý Thiện², Đỗ Ngọc Sơn¹, Thân Văn Sỹ¹, Đào Xuân Hải¹, Lê Mạnh Thường², Phan Nhật Anh^{1,2}, Lê Thanh Dũng^{1,3}

1. Bệnh viện Hữu nghị Việt Đức, 2. Trường Đại học Y Hà Nội, 3. Trường Đại học Y Dược

Địa chỉ liên hệ:

Lê Quý Thiện

Trường Đại học Y Hà Nội

1 Tôn Thất Tùng, Đống Đa, Hà Nội

Điện thoại: 0978661038

Email: thien07021997@gmail.com

Ngày nhận bài: 19/10/2023

Ngày chấp nhận đăng:

07/11/2023

Ngày xuất bản: 13/11/2023

Tóm tắt

Đặt vấn đề: Nghiên cứu nhằm đánh giá giá trị của dựng hình 3D động mạch tuyến tiền liệt dựa trên hình ảnh cắt lớp vi tính đa dãy hai mức năng lượng (DECT) mạch máu tiểu khung trước can thiệp nội mạch điều trị u phì đại lành tính tuyến tiền liệt (PAE).

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu: Nghiên cứu hồi cứu đơn trung tâm trên 60 bệnh nhân (tuổi trung bình $74 \pm 10,5$ tuổi) được PAE trong đó có 30 bệnh nhân không được chụp DECT trước can thiệp (nhóm 1) và 30 bệnh nhân được chụp DECT trước can thiệp (nhóm 2) trong khoảng thời gian từ tháng 2/2022 đến tháng 8/2023 tại Khoa Chẩn đoán hình ảnh Bệnh viện Hữu nghị Việt Đức.

Kết quả: Thời gian can thiệp nội mạch ở nhóm 1 ngắn hơn ở nhóm 2 là 26,9%, thời gian chiếu tia (Fluoroscopy time) giảm 33,3%, và liều tia giảm 31% (DAP), số lượng thuốc cản quang phải dùng giảm 33,1%, với các khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

Kết luận: DECT mạch máu tiểu khung là phương pháp có giá trị để đánh giá động mạch tuyến tiền liệt trước can thiệp nội mạch điều trị u phì đại lành tính tuyến tiền liệt.

Từ khóa: nam giới, triệu chứng đường tiết niệu dưới; u phì đại lành tính tuyến tiền liệt; nút động mạch tuyến tiền liệt, DECT.

Value of dual-energy CT (DECT) with vascular imaging evaluation prior to embolization for treatment of benign prostatic hyperplasia

Phạm Hữu Khuyên¹, Lê Quý Thiên², Đỗ Ngọc Sơn¹, Thân Văn Sỹ¹, Đào Xuân Hải¹, Lê Mạnh Thương², Phan Nhật Anh^{1,2}, Lê Thanh Dung^{1,3}

1. Viet Duc University Hospital, 2. Ha Noi Medical University, 3. University of Medicine and Pharmacy

Abstract

Objective: The study aims to evaluate the value of 3D rendering of the prostate artery based on Dual-Energy CT (DECT) of the pelvic vessels before prostate artery embolization (PAE) for treatment of benign prostatic hyperplasia.

Subjects and methods: Single-center retrospective study on 60 patients (mean age of 74 ± 10.5 years) who received PAE, including 30 patients who were not taken DECT before intervention (group 1) and 30 patients who were taken DECT before intervention (group 2) during the period from February 2022 to August 2023 at the Radiology department of Viet Duc university hospital.

Results: Compared with group 1, in group 2, the intervention time was shortened by 26.9%, the Fluoroscopy time decreased by 33.3%, and the radiation dose was reduced by 31% (DAP), the amount of contrast agents used was reduced to 33.1%. All changes were statistically significant with $p < 0.05$.

Conclusions: Vascular DECT is a promising method to evaluate the prostate artery before endovascular intervention for prostate enlargement.

Keywords: male, lower urinary tract symptoms; benign prostatic hyperplasia; Prostate artery node, DECT.

Đặt vấn đề

Nút động mạch tuyến tiền liệt (ĐM TTL) điều trị u phì đại lành tính tuyến tiền liệt được cho là một trong những kỹ thuật khó do sự phức tạp của giải phẫu ĐM TTL. Có sự khác biệt rất lớn của ĐM TTL giữa các cá nhân và giữa hai bên khung chậu trên cùng một bệnh nhân. Đường kính ĐM nhỏ, chỉ khoảng 1,5mm, số lượng và nguyên ủy của ĐM không hằng định, biến thể giải phẫu phức tạp, xơ vữa nhiều ở đàn ông lớn tuổi chính là những yếu tố gây khó khăn trong quá trình can thiệp, gây tốn nhiều thời gian khi can thiệp nút mạch là nguyên nhân dẫn đến tăng liều bức xạ cho cả bệnh nhân và thầy thuốc. [1] Do đó, việc xác định chính xác các đặc điểm giải phẫu của ĐM TTL trước can thiệp là rất cần thiết. Chụp cắt lớp vi tính mạch máu (CTA) được sử dụng để đánh giá

trước can thiệp vì nó có độ tin cậy cao trong việc phân tích giải phẫu ĐM TTL. [2] Các nghiên cứu khác sử dụng phương pháp chụp cắt lớp vi tính tại bàn trong quá trình can thiệp (CBCT) để phân tích động mạch tuyến tiền liệt mà không cần bất kỳ hình ảnh mạch máu nào trước thủ thuật, đây cũng là một nhược điểm của phương pháp này vì là một phương pháp xâm lấn và chỉ được thực hiện trong quá trình can thiệp. [3] Chụp cộng hưởng từ mạch máu (MRA) dường như là một phương pháp đầy hứa hẹn để phân tích động mạch tuyến tiền liệt trước can thiệp mà không cần phơi nhiễm với bức xạ, tuy nhiên độ phân giải hiện nay còn chưa đáp ứng được như kỳ vọng khi ĐM TTL có kích thước rất nhỏ. [2, 4]

Chụp cắt lớp vi tính hai mức năng lượng (DECT) là một bước tiến về công nghệ trong chẩn đoán hình

ảnh, có giá trị trong đánh giá bệnh lý ĐM chủ bụng, ĐM thận, ĐM chi dưới, ĐM phổi, ĐM vành, ĐM não, và những ĐM rất nhỏ như Adamkiewicz và ĐM lưng dương vật. Trong cắt lớp vi tính hai mức năng lượng, hình ảnh có thể được tạo ra từ 40 đến 200 keV (kiloelectronvôn) bằng một quá trình kết hợp tuyến tính của cơ sở ghép các hình ảnh ở các tỷ lệ khác nhau. Hình ảnh đơn năng lượng ảo ở 70 keV khả năng hiện hình như chụp với điện áp bóng 120 kVp thông thường, nhưng có độ nhiễu và artifact thấp hơn. Hình ảnh đơn năng lượng ảo ở mức năng lượng thấp (<70 keV) cho thấy độ tương phản cao hơn ở các mô có iốt vì hiệu ứng quang điện cao hơn do gần ngưỡng năng lượng hấp thụ của iốt (33KeV), điều này làm tăng chất lượng hình ảnh của chụp cắt lớp vi tính mạch mạch máu, cải thiện hình ảnh của các nhánh bên và cải thiện hình ảnh tổn thương rõ ràng. [5, 6] Ngoài ra khả năng xóa xương khi dựng hình là tính năng mang lại hình ảnh đa chiều tối ưu trong đánh giá mạch máu. [7] Vì vậy nghiên cứu này nhằm đánh giá khả năng xác định giải phẫu ĐM TTL ở các bệnh nhân được can thiệp điều trị nút mạch u phì đại lành tính tuyến tiền liệt.

Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu

Từ tháng 2/2022 đến 8/2023, có 60 bệnh nhân được nút ĐM TTL để điều trị u phì đại lành tính tuyến tiền liệt (UPĐLT) tại khoa Chẩn đoán hình ảnh Bệnh viện Hữu nghị Việt Đức, trong đó có 30 bệnh nhân được chụp DECT để lập kế hoạch trước can thiệp và 30 bệnh nhân không được chụp DECT. Các tiêu chuẩn lựa chọn gồm: bệnh nhân > 45 tuổi, được chẩn UPĐLT tuyến tiền liệt với các triệu chứng từ trung bình đến nặng theo thang điểm IPSS, thể tích tuyến tiền liệt >30 cm³.

Kỹ thuật thực hiện

Bệnh nhân nhịn ăn trước khi chụp 4-6 giờ, được giải về qui trình chụp. Phương tiện chụp là máy chụp MSCT 256 dãy hai nguồn năng lượng (REVOLUTION GE), hệ thống xử lý hình ảnh WorkStation (WS) 4.7.

Bảng 1: Quy trình chụp và thông số kỹ thuật

Kỹ thuật chụp	Chụp ảnh định vị Scout view
	Đặt trình chụp tiêm thuốc thì ĐM
	Trường cắt từ mào chậu xuống hết 1/3 trên xương đùi
Thông số chụp	Chế độ quét : GSI (fast switching kV 80/140KV)
	mA : 600
	Tốc độ vòng quay : 0,5s
	Pitch : 1.375:1
	Độ dày lớp cắt độ dày lớp cắt : 5mm
	Độ dày lát cắt tái tạo : 1,25mm
	Tốc độ tiêm thuốc cân quang: 5ml/s
	Liều thuốc cân quang: 1ml/kg cân nặng
	Thuật toán tái tạo: DLIR High
	Trạm xử lý : AW 4.7

Xử lý hình ảnh:

Hình ảnh 2D vùng tiểu khung thì động mạch được tái tạo ở mức năng lượng 40 KeV và 45 KeV. Dựng hình 3D động mạch chậu trong và các nhánh của nó ở mỗi bên tiểu khung, xác định ĐM TTL dựa trên giải phẫu nhánh động mạch cấp máu cho tuyến tiền liệt, các biến thể giải phẫu nguyên ủy động mạch tuyến tiền liệt. Hình dựng 3D được chỉnh tư thế giả lập với tư thế chếch bóng để đạt được sự tương đồng trên hình ảnh chụp DSA sao cho bộ lộ được nguyên ủy của ĐM TTL một cách rõ ràng nhất. Xác định đặc điểm vòng nối quan sát được của ĐM TTL. Đánh giá đặc điểm vôi hóa động mạch chậu trong và ĐM TTL. Gửi hình ảnh dựng 3D động mạch chậu trong mỗi bên đã được chú thích và lưu trữ trên hệ thống PACS.

Kết quả của kỹ thuật nút động mạch tuyến tiền liệt điều trị UPĐLT TTL

Thành công về mặt kỹ thuật được định nghĩa là thuyên tắc ít nhất một ĐM TTL. Thời gian can thiệp được tính là thời gian từ lần chụp động mạch chậu đầu tiên cho đến lần chụp kiểm tra cuối cùng (tính bằng phút), liều hấp thụ tích lũy (DAP) (tính bằng cGy.cm²), thời gian chiếu tia (Fluoroscopy time) (tính bằng phút). Tất cả các số liệu được lấy trên máy chụp DSA.

Xử lý số liệu

Phân tích thống kê được thực hiện bằng phần mềm SPSS 20.0. Giá trị có nghĩa ± 1 SD và phạm vi tương ứng. Mối tương quan giữa DAP, đặc điểm bệnh nhân (BMI, tuổi, thể tích tuyến tiền liệt) và các thông số thủ thuật khác (thời gian can thiệp, liều hấp thụ tích lũy, thời gian chiếu tia) được kiểm định bằng test Chi-square. Giá trị p value $< 0,05$ được coi là có ý nghĩa thống kê.

Kết quả

60 bệnh nhân được tiến hành nút ĐM TTL từ 2/2022 đến 8/2023, tuổi trung bình của các bệnh nhân trong nhóm nghiên cứu là $74 \pm 10,5$ tuổi, thể tích tuyến tiền liệt trung bình là $87,5 \pm 30,5$ ml, điểm IPSS trung bình $23,3 \pm 3,3$ điểm, điểm QoL trung bình $4,5 \pm 1,5$ điểm, nồng độ PSA huyết thanh trung bình là $7,5 \pm 4,1$ ng/ml. Trong đó có 15 trường hợp cần sinh thiết chẩn đoán loại trừ ung thư tuyến tiền liệt. 30 bệnh nhân được chụp và 30 bệnh nhân không được chụp DECT trước can thiệp nút mạch.

Bảng 2: So sánh thời gian can thiệp, thời gian chiếu tia, liều hấp thụ tia và số lượng thuốc cản quang ở hai nhóm

	Nhóm 1	Nhóm 2	Tỷ lệ phần trăm giảm xuống	Giá trị value
Thời gian chiếu tia (Fluoroscopy time) (phút)	$45 \pm 8,5$	$30 \pm 6,9$	33,3	$< 0,001$
Liều hấp thụ tích lũy (DAP) (cGy.cm ²)	25879 (19345-35678)	17894 (15589-25090)	31	$< 0,001$
Thời gian can thiệp (phút)	$130 \pm 14,5$	$95 \pm 13,6$	26,9	0,03
Số lượng thuốc cản quang đã dùng (ml)	$179,67 \pm 45$	120 ± 23	33,1	0,03

Nhận xét: Kết quả ứng dụng DECT trong dựng hình ĐM TTL trước can thiệp so với nhóm không sử dụng DECT trình bày ở Bảng 2. Nhóm sử dụng DECT dựng hình 3D để hỗ trợ dẫn đường chọn lọc ĐM TTL có thời gian can thiệp rút ngắn được 26,9%, thời gian chiếu tia (Fluoroscopy time) giảm 33,3%, và liều tia giảm 31% (DAP), số lượng thuốc cản

quang phải dùng giảm xuống 33,1% so với nhóm không sử dụng DECT. Tất cả sự thay đổi đều có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$.

Bảng 3: Giá trị của DECT trong đánh giá ĐM TTL

	DSA	CTA	Dương tính giả	Âm tính giả
Gốc ĐM TTL	64	60	0	4
Vòng nối với ĐM trực tràng	6	3	1	4
Vòng nối với ĐM dương vật	7	5	1	3
Vòng nối với ĐM bàng quang	5	2	0	3
Vòng nối ĐM TTL bên đối diện	28	20	0	8
Xơ vữa gốc ĐM TTL	8	6	1	3
Đường kính mạch (trung bình) (mm)	$1,6 \pm 0,5$	$1,4 \pm 0,4$		

Nhận xét: DECT có giá trị phát hiện ra gốc động mạch cấp máu cho động mạch tuyến tiền liệt là 93,6% (60 trên 64). Về phát hiện vòng nối, DECT có độ nhạy là 77,8% và độ đặc hiệu là 88,4%. Về phát hiện xơ vữa gốc động mạch, DECT có độ nhạy là 66,7% và độ đặc hiệu là 89,5%. Độ tương đồng đường kính động mạch tuyến tiền liệt trên DECT so với DSA là 87,5%.

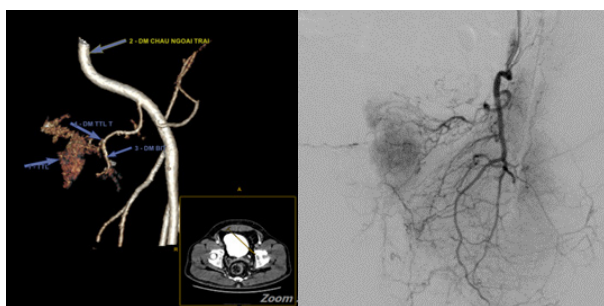
Bảng 4: Góc chếch bóng dự kiến trên dựng hình tương ứng với trên DSA

Góc chếch bóng (độ)	Bên phải	Bên trái	Tổng
20-24	4	2	6
25-29	3	4	7
30-34	8	10	18
35-39	12	11	23
40-45	6	4	10
Tổng	33	31	64

Nhận xét: Góc chếch bóng giả lập trên hình ảnh 3D được cung cấp cho bác sĩ can thiệp trước PAE giống như góc thực tế được sử dụng trong quá trình PAE để bộc lộ rõ nhất gốc động mạch tuyến tiền liệt (Bảng 4). Trước can thiệp góc chếch bóng tối ưu

dự đoán cho cả hai bên là từ 30° đến 45° chệch cùng bên, không cần chệch chân đầu. Để bộc lộ tối ưu nhất góc động mạch tuyến tiền liệt, góc chệch bóng cùng bên thường gặp nhất là 35° – 39° (35,9%; 23 trên 64), tiếp theo là 30° – 34° (28,1%; 18 trên 64) và 40° – 45° (15,6%; 10 trên 94), các góc chệch bóng cùng bên ít gặp hơn là 20° – 24° và 25° – 29° (9,3%; 6 và 7 trên 94). Có 04 bên khung chậu không quan sát rõ ĐM TTL trên DECT và 01 trường hợp chệch bóng đối bên 15° và 01 trường hợp chệch bóng đối bên 45° . Có 04 trường hợp trên DECT không đánh giá được động mạch cấp máu cho tuyến tiền liệt. Có 2 trường hợp một bên có 2 động mạch cấp máu cho tuyến tiền liệt và 01 trường hợp 1 bên có 3 động mạch, các trường hợp này để ghi nhận được trên DECT.

Trong báo cáo này, chúng tôi ghi nhận một trường hợp động mạch tuyến tiền liệt xuất phát từ động mạch bít phụ hay động mạch bít lạc chỗ và nhánh này xuất phát từ động mạch chậu ngoài (hình 1). Dựng hình 3D động mạch liên quan đã được thực hiện trước can thiệp, góc xoay bóng giả định trên hình ảnh 3D là đối bên 45° , không cần chệch bóng chân – đầu (hình 1A). Hình ảnh chụp kiểm tra nhánh động mạch bít phụ trên DSA (hình 1B). Đây là một trường hợp biến thể giải phẫu khá hiếm gặp nhưng đã được tính toán trước khi can thiệp do đó thời gian can thiệp được rút ngắn.



Hình 1: Hình ảnh minh họa ca lâm sàng ĐM TTL xuất phát từ động mạch bít phụ.

Dựa theo phân loại biến thể gốc xuất phát của động mạch tuyến tiền liệt của FC. Carnevale trong 64 động mạch tuyến tiền liệt ở cả hai bên khung chậu quan sát trên DSA có biến thể giải phẫu type I (thân chung với động mạch bàng quang trên) là

29,7% (19 trên 64), type II (trực tiếp từ thân trước động mạch chậu trong) là 4,7% (3 trên 64), type III (động mạch bít) là 29,7% (19 trên 64), type IV (động mạch thẹn trong) là 32,8% (21 trên 64), type V (khác) là 3,1% (2 trên 64).

Bàn luận

Khả năng phát hiện được gốc ĐM TTL trên DECT là 93,6%, đường kính động mạch tuyến tiền liệt trên DECT so với đường kính thật trên DSA là 87,5%, khả năng phát hiện ra vòng nối trên DECT có độ nhạy là 77,8% và độ đặc hiệu là 88,4%. So sánh với nghiên cứu trên thế giới, Maclean và cộng sự đã đánh giá giá trị của chụp cắt lớp vi tính đa dãy mạch máu trong việc xác định động mạch tuyến tiền liệt và vòng nối và cho thấy phát hiện động mạch tuyến tiền liệt là 97,3%, độ nhạy 59,0% và độ đặc hiệu 94,2% để phát hiện vòng nối. [2] Kim và cộng sự đã đánh giá hiệu quả của chụp cộng hưởng từ mạch (MRA) trong việc xác định nguồn gốc của động mạch tuyến tiền liệt trước PAE và xác định được 26 (76,5%) trong số 34 PA ở 17 bệnh nhân (34 bên khung chậu). [8]

Đánh giá giá trị của DECT để dựng hình động mạch chậu trong trước can thiệp PAE. So với nhóm A, ở nhóm B, thời gian can thiệp được rút ngắn 26,9%, thời gian chiếu tia đã giảm 33,3% ($p < 0,001$), liều tia giảm 31% (DAP), số lượng thuốc cản quang phải dùng giảm xuống 33,1%. So với nghiên cứu của Zhang JL và cs khi sử dụng MRA trước can thiệp PAE cho kết quả tương đương, thời gian can thiệp giảm 33,6%, thời gian chiếu tia giảm 51,6%, liều tia (DAP) giảm 35,5%, MRA có ưu điểm hơn là không bị phơi nhiễm tia tuy nhiên giá thành của MRA cao hơn so với DECT và độ nhạy và đặc hiệu cũng thấp hơn. [4] Theo Drew Maclean và cs cho kết luận chụp CTA trước khi nút ĐM TTL đáng tin cậy hơn MRA để dự đoán giải phẫu động mạch và tạo điều kiện thuận lợi cho can thiệp. 2 So với CTA thông thường, chụp DECT có mức độ phơi nhiễm bức xạ thực tế bằng khoảng 60% tính theo chỉ số tích liều theo chiều dài (DLP) và giá thành có cao hơn không đáng kể. Theo nghiên cứu của Ramin

Ghasemi Shayan và cs, với chụp CTA mạch máu, chụp hai mức năng lượng có chỉ số DLP bằng 57,7% so với chụp đơn mức năng lượng thông thường. [9]

Mục tiêu của chúng tôi cũng là giảm liều bức xạ và lượng thuốc cản quang cần thiết cần dùng khi can thiệp PAE bằng cách cung cấp cho các bác sĩ can thiệp hình ảnh trực quan và góc chếch bóng dự kiến trước khi can thiệp. Góc chếch cùng bên thường gặp nhất là 30° – 45° , không cần chếch chân – đầu, chếch ngược bên để quan sát tối ưu gốc của động mạch tuyến tiền liệt rất hiếm. Do đó, không có góc tiêu chuẩn nào có thể được khuyến nghị cho tất cả các cá nhân, tương tự như thuyên tắc động mạch tử cung (UAE) và góc phải được điều chỉnh cho từng bệnh nhân. Kết quả này cũng tương tự như các kết quả của Bilhim và cs là góc chếch bóng cùng bên tối ưu là 35° – 45° cùng bên, tuy nhiên có chếch chân – đầu -10° . [10] Theo nghiên cứu của Zhang JL và cs cũng có kết quả tương tự là góc chếch bóng cùng bên tối ưu là 20° – 45° và không cần chếch chân đầu. [4]

Về vị trí xuất phát của động mạch tuyến tiền liệt, trên các bệnh nhân của chúng tôi, tỷ lệ xuất hiện động mạch tuyến tiền liệt có gốc xuất phát type IV (động mạch thẹn trong) là cao nhất, kết quả này tương tự với Carvevale. [11] Kết quả này cũng tương tự nghiên cứu của Nguyễn Xuân Hiền và cs khi tỷ lệ type I và IV đã chiếm 62,5%. [12] Trong thực tế việc xác định rõ động mạch tuyến tiền liệt xuất phát từ chung gốc với động mạch bàng quang trên (type I) hay tách trực tiếp từ thân trước động mạch chậu trong (type II) là tương đối khó khăn ở các trường hợp động mạch tuyến tiền liệt tách trực tiếp từ thân trước động mạch chậu trong ở vị trí sát với vị trí tách của động mạch bàng quang, do vậy cần phải thay đổi hướng bóng phát tia khi can thiệp để bộc lộ được rõ gốc xuất phát động mạch tuyến tiền liệt. Hình ảnh 3D theo hướng bóng giả lập trước khi can thiệp sẽ giúp bác sĩ can thiệp dự tính trước hướng bóng phát tia giảm số lần chụp trong những trường hợp này.

Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng, việc sử dụng hình dựng 3D giải phẫu động mạch tuyến tiền liệt

cho từng bên khung chậu dựa trên hình ảnh chụp DECT góp phần làm giảm thời gian can thiệp, giảm thời gian chiếu tia, giảm liều tia và số lượng thuốc cản quang sử dụng cho bệnh nhân trong quá trình can thiệp nút ĐM TTL điều trị u phì đại lành tính tuyến tiền liệt.

Tài liệu tham khảo

1. Richardson AJ, Acharya V, Kably I, Bhatia S. Prostatic Artery Embolization: Variant Origins and Collaterals. *Tech Vasc Interv Radiol*. 2020;23(3):100690. doi:10.1016/j.tvir.2020.100690
2. Maclean D, Maher B, Harris M, et al. Planning Prostate Artery Embolisation: Is it Essential to Perform a Pre-procedural CTA? *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2018;41(4):628-632. doi:10.1007/s00270-017-1842-7
3. Burckenmeyer F, Diamantis I, Krieckenbauer T, et al. Prostatic Artery Embolization: Influence of Cone-Beam Computed Tomography on Radiation Exposure, Procedure Time, and Contrast Media Use. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2021;44(7):1089-1094. doi:10.1007/s00270-021-02787-4
4. Effectiveness of Contrast-enhanced MR Angiography for Visualization of the Prostatic Artery prior to Prostatic Arterial Embolization | Radiology. Accessed August 19, 2023. <https://pubs.rsna.org/doi/full/10.1148/radiol.2019181524>
5. Román KLL, de La Bruere I, Onieva J, et al. 3D Pulmonary Artery Segmentation from CTA Scans Using Deep Learning with Realistic Data Augmentation. *Image Anal Mov Organ Breast Thorac Images Third Int Workshop RAMBO 2018 Fourth Int Workshop BIA 2018 First Int Workshop TIA 2018 Held Conjunction MICCAI 2018 Granada*. 2018;11040:225-237. doi:10.1007/978-3-030-00946-5_23
6. Karçaaltıncaba M, Aktaş A. Dual-energy CT revisited with multidetector CT: review of principles and clinical applications. *Diagn Interv Radiol Ank Turk*. 2011;17(3):181-194. doi:10.4261/1305-3825.DIR.3860-10.0
7. Bie Y, Yang S, Li X, Zhao K, Zhang C, Zhong H. Impact of deep learning-based image reconstruction on image quality compared with adaptive statistical iterative reconstruction-Veo in renal and adrenal computed tomography. *J X-Ray Sci Technol*. 2022;30(3):409-418. doi:10.3233/XST-211105
8. Kim AY, Field DH, DeMulder D, Spies J, Krishnan P. Utility of MR Angiography in the Identification

- of Prostatic Artery Origin Prior to Prostatic Artery Embolization. *J Vasc Interv Radiol JVIR*. 2018;29(3):307-310.e1. doi:10.1016/j.jvir.2017.11.001
9. Ghasemi Shayan R, Oladghaffari M, Sajjadian F, Fazel Ghaziyani M. Image Quality and Dose Comparison of Single-Energy CT (SECT) and Dual-Energy CT (DECT). *Radiol Res Pract*. 2020;2020:1-11. doi:10.1155/2020/1403957
10. Bilhim T, Pereira JA, Fernandes L, Rio Tinto H, Pisco JM. Angiographic anatomy of the male pelvic arteries. *AJR Am J Roentgenol*. 2014 Oct;203(4):W373-82. doi: 10.2214/AJR.13.11687. PMID: 25247966.
11. Assis AM, Moreira AM, de Paula Rodrigues VC, Harward SH, Antunes AA, Srougi M, Carnevale FC. Pelvic Arterial Anatomy Relevant to Prostatic Artery Embolisation and Proposal for Angiographic Classification. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2015 Aug;38(4):855-61. doi: 10.1007/s00270-015-1114-3. Epub 2015 May 12. PMID: 25962991.
12. Nguyễn X. H., Đỗ, H. H., Phan, H. G., & Lê, V. K. (2022). NGHIÊN CỨU ĐẶC ĐIỂM GIẢI PHẪU, BIẾN THỂ CỦA ĐỘNG MẠCH TUYẾN TIỀN LIỆT TRÊN CHỤP MẠCH SỐ HÓA XÓA NỀN. Tạp Chí Điện Quang & Y học hạt nhân Việt Nam, (30), 23-28.