

Các phương pháp chẩn đoán hẹp cầu nối động – tĩnh mạch tự thân ở bệnh nhân chạy thận nhân tạo định kỳ

Phạm Văn Hiền^{1,*}

¹Khoa Thận Nhân Tạo, Bệnh viện Chợ Rẫy, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

Tóm tắt

Chạy thận nhân tạo (TNT) là phương pháp điều trị thay thế thận phổ biến cho bệnh nhân (BN) mắc bệnh thận mạn giai đoạn cuối. Cầu nối động-tĩnh mạch tự thân (Arteriovenous Fistula, AVF) là đường tiếp cận mạch máu vĩnh viễn được ưu tiên lựa chọn, và biến chứng hẹp AVF có thể gây gián đoạn quá trình điều trị. Hẹp AVF đáng kể được xác định khi đường kính lòng mạch giảm hơn 50%, kèm theo bất thường huyết động hoặc biểu hiện lâm sàng. Chẩn đoán hẹp AVF dựa trên khám lâm sàng (nhìn, sờ, nghe), theo dõi các thông số trong quá trình chạy TNT (lưu lượng máu, áp lực động-tĩnh mạch, chỉ số tái lọc urê...) và các phương pháp cận lâm sàng như siêu âm Doppler, chụp cắt lớp vi tính mạch máu (Computed Tomography Angiography, CTA) và chụp mạch số hóa xóa nền (Digital Subtraction Angiography, DSA). Trong đó, siêu âm Doppler là phương pháp không xâm lấn, hiệu quả và được khuyến cáo rộng rãi. Việc phát hiện sớm và theo dõi biến chứng hẹp giúp kéo dài tuổi thọ AVF, giảm nguy cơ biến chứng, tối ưu hiệu quả chạy TNT, đặc biệt trong bối cảnh hệ thống y tế đang chịu áp lực quá tải về nhân lực.

Từ khóa: chẩn đoán hẹp; cầu nối động – tĩnh mạch; chạy thận nhân tạo; siêu âm Doppler

Abstract

OVERVIEW OF DIAGNOSTIC METHODS FOR AUTOGENOUS ARTERIOVENOUS FISTULA STENOSIS AMONG HEMODIALYSIS PATIENTS

Pham Van Hien

Hemodialysis (HD) is a common treatment for patients with end-stage renal disease. Arteriovenous fistulas (AVFs) are the preferred permanent vascular access for dialysis, and AVF stenosis is a cause of treatment interruption. Significant stenosis is defined as a reduction of more than 50% in lumen diameter, accompanied by hemodynamic or clinical abnormalities. The diagnosis of AVF stenosis is based on clinical examination (inspection, palpation, and auscultation), monitoring of dialysis parameters (blood flow, arteriovenous pressure, and access recirculation ratio), and paraclinical methods such as Doppler ultrasound, computed tomography angiography (CTA), and digital subtraction angiography (DSA). Among these, Doppler ultrasound is a widely recommended, non-invasive, and effective diagnostic tool. Early detection and monitoring of stenosis-related complications help prolong dialysis viability, reduce complications, and

Ngày nhận bài: 01-08-2025 / Ngày chấp nhận đăng bài: 29-09-2025 / Ngày đăng bài: 01-10-2025

*Tác giả liên hệ: Phạm Văn Hiền. Khoa Thận Nhân Tạo, Bệnh viện Chợ Rẫy, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam. E-mail: hienphamvan2017@gmail.com

© 2025 Bản quyền thuộc về Tạp chí Y học Thành phố Hồ Chí Minh.

optimize treatment effectiveness, particularly in the context of overburdened medical staff.

Keywords: stenosis diagnostic methods; arteriovenous fistula; hemodialysis; Doppler ultrasound

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bệnh thận mạn (BTM) là một vấn đề sức khỏe toàn cầu, ảnh hưởng đến hơn 10% dân số thế giới, với khoảng 8.74 triệu người mắc tại Việt Nam. Chạy thận nhân tạo (TNT) là phương pháp điều trị phổ biến nhất cho bệnh nhân (BN) BTM giai đoạn cuối, với 2.8 triệu BN trên toàn cầu đang điều trị bằng phương pháp này [1]. Cầu nối động – tĩnh mạch tự thân (Arteriovenous Fistula, AVF) là đường mạch máu vĩnh viễn được ưu tiên lựa chọn, AVF chiếm đến 63% theo dữ liệu tại Hoa Kỳ từ 2012-2020 (United States Renal Data System Annual Data Report, USRDS 2022). Tuy nhiên, biến chứng liên quan đến đường mạch máu trong chạy TNT, đặc biệt là hẹp AVF, chiếm tỷ lệ cao trong các ca nhập viện, gây gánh nặng lớn cho gia đình và xã hội [2].

Theo tổ chức nghiên cứu các sáng kiến hiệu quả chất lượng trong điều trị bệnh thận (Kidney Foundation's Kidney Disease Outcomes Quality Initiative, KDOQI) 2019, các biến chứng của đường mạch máu vĩnh viễn gồm: nhiễm trùng, phù (hẹp cản trở máu đổ về của AVF), AVF không trưởng thành, bầm máu hay xuất huyết (hemorrhage), phì đại AVF, huyết khối, hẹp AVF, hội chứng trộm máu động mạch (steal syndrome), suy tim cung lượng cao và biến chứng do tiêm chích AVF. Trong đó, biến chứng hẹp ảnh hưởng rất lớn đến tuổi thọ của AVF [3]. Các hướng dẫn của các Hiệp hội Thận học trên thế giới hay tại Việt Nam đều nhấn mạnh tầm quan trọng của phát hiện sớm biến chứng hẹp AVF. Bài tổng quan này nhằm khái quát các phương pháp chẩn đoán hẹp AVF gồm thăm khám lâm sàng, đánh giá các thông số trong chạy TNT và cận lâm sàng, giúp phát hiện và xử trí sớm biến chứng hẹp AVF, tăng hiệu quả và rút ngắn thời gian gián đoạn chạy TNT trong bối cảnh quá tải về nhân lực y tế trong chuyên ngành lọc máu hiện nay.

2. ĐỊNH NGHĨA VÀ CƠ CHẾ BỆNH SINH CỦA HẸP CẦU NỐI ĐỘNG – TĨNH MẠCH TỰ THÂN

2.1. Định nghĩa hẹp AVF

Hẹp AVF là tình trạng thu hẹp gây rối loạn huyết động và cấu trúc tại chỗ. Hẹp AVF có thể xảy ra ở hai vị trí chính gồm:

(1) Hẹp đầu xa (Distal): liên quan đến hẹp động mạch cấp máu cho AVF, hẹp tĩnh mạch (TM) bản lề (juxta-anastomosis) hoặc hẹp tại vị trí tiêm chích để chạy TNT.

(2) Hẹp đầu gần (Proximal): gây hẹp đường về của AVF, thường gặp tại các vị trí dòng máu xoáy vào thành AVF như cung TM đầu (cephalic arch) hoặc TM trung tâm.

Chẩn đoán xác định hẹp AVF: theo định nghĩa của KDOQI, hẹp đáng kể ảnh hưởng đến huyết động (hemodynamically significant stenosis) được xác định khi đường kính mạch máu bình thường (graft hoặc hệ TM dẫn lưu) giảm hơn 50%, kèm theo một hoặc nhiều bất thường về huyết động hoặc lâm sàng như rối loạn cung lượng tim, tăng áp lực TM, giảm lưu lượng máu, phù chi, giảm Kt/V không rõ nguyên nhân, hoặc áp lực động mạch trước bơm âm quá mức dẫn đến không cung cấp đủ lượng máu [4].

2.2. Cơ chế bệnh sinh

Tăng sinh lớp tân nội mạc (neointimal hyperplasia) là nguyên nhân chính gây hẹp TM trong AVF, xảy ra ở cả AVF và cầu nối động – tĩnh mạch nhân tạo (Arteriovenous graft, AVG). Đặc trưng bởi sự tăng sinh tế bào cơ trơn α -actin (+), dư thừa chất nền ngoại bào, tăng tạo mạch, tập trung đại thực bào, và tăng biểu hiện các yếu tố trung gian như TGF- β , PDGF, endothelin. AVG dễ hẹp ở phần nối với TM, trong khi AVF bị ảnh hưởng bởi khả năng dẫn TM đường về và kỹ thuật mổ. Các yếu tố góp phần vào bệnh sinh hẹp AVF gồm stress huyết động, stress oxy hóa và viêm – urê huyết cao và rối loạn chức năng nội mô [5].

3. CÁC PHƯƠNG PHÁP CHẨN ĐOÁN HẸP CẦU NỐI ĐỘNG – TĨNH MẠCH TỰ THÂN

3.1. Dấu hiệu lâm sàng

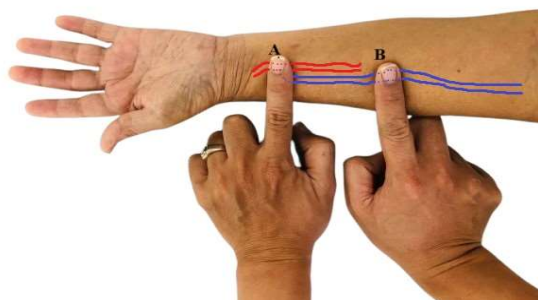
Có nhiều chiến lược được áp dụng để phát hiện hẹp trước khi làm các cận lâm sàng như siêu âm Doppler AVF hoặc

chụp mạch máu cản quang đối với hẹp TM trung tâm, bao gồm theo dõi áp lực mạch máu, lưu lượng và tình trạng tái lọc trong quá trình BN chạy TNT.

Theo KDOQI 2019, khám lâm sàng AVF là phương pháp đơn giản, hiệu quả và tiết kiệm chi phí nhất để đánh giá “sức khỏe” của AVF. Khám lâm sàng bao gồm thử nghiệm pháp nâng cánh tay cho thấy AUC cao nhất (0,96; 95%CI 0,92–1,00), độ nhạy và độ đặc hiệu cao nhất (lần lượt là 91,57% và 97,93%). Nghiệm pháp làm tắc rung đánh giá hẹp đường cấp bằng cách chặn dòng máu gần miệng nối, nếu có hẹp mạch đập sẽ yếu không tương xứng và xác định mức độ hẹp (Hình 1).

Bảng 1. Đặc điểm lâm sàng của các bất thường cơ bản trên AVF. Nguồn: Salman L (2013) [7]

	Bình thường	Hẹp đường cấp	Hẹp đường thoát	Hẹp TM trung tâm
Biểu hiện lâm sàng	Không	- Khó luồn kim - Lưu lượng kém - Áp lực ĐM âm	- Chảy máu kéo dài - Lưu lượng kém - Áp lực TM cao	- Khó luồn kim ± Lưu lượng kém ± Tăng áp lực TM
Khám lâm sàng				
Nhìn	Không	Khó xác định ±	Phình mạch ± Nghiệm pháp nâng tay không xẹp	- Sung chi - Tuần hoàn bàng hệ - Nghiệm pháp nâng tay không xẹp
Sờ				
- Mạch	Mềm mại, dễ bắt	- Đập yếu - Nghiệm pháp làm tắc rung: nảy yếu	- Đập mạnh	- Biểu hiện đa dạng
- Rung	Liên tục	- Mất liên tục - Giảm	- Mất liên tục - Tăng độ rung ở vị trí tổn thương	- Biểu hiện đa dạng - Có thể biểu hiện vùng dưới xương đòn
Nghe (rù)	Liên tục	- Mất liên tục - Giảm	- Mất liên tục - Tăng tiếng rù ở vị trí tổn thương	- Biểu hiện đa dạng - Có thể biểu hiện vùng dưới xương đòn



Nghiệm pháp làm tắc rung
(A) Đặt ngón tay để làm tắc dòng máu
(B) Ngón tay cảm nhận lực mạch đập



Nghiệm pháp nâng tay
(A) AVF căng phồng khi tay hướng xuống
(B) AVF xẹp khi nâng tay lên cao

Hình 1. Hình ảnh khám một BN chạy TNT định kỳ tại bệnh viện Chợ Rẫy

TNT, theo trình tự nhìn, sờ, nghe [3]. Đây là phương pháp hiệu quả nhất nhưng phụ thuộc vào kinh nghiệm và mang tính chủ quan của người khám. Một số bất thường cơ bản trên AVF được trình bày ở Bảng 1.

Các nghiệm pháp khác: nghiệm pháp nâng tay giúp đánh giá hẹp đường thoát của AVF bằng cách quan sát sự xẹp dần của TM khi giờ tay lên cao, nếu có hẹp vị trí tổn thương sẽ phồng lên. Nghiệm pháp làm tắc rung đánh giá hẹp đường cấp bằng cách chặn dòng máu gần miệng nối, nếu có hẹp mạch đập sẽ yếu không tương xứng và xác định mức độ hẹp (Hình 1).

3.2. Các thông số theo dõi trong lúc chạy TNT

Việc theo dõi các thông số huyết động đóng vai trò quan trọng trong phát hiện sớm hẹp AVF. Các yếu tố cần đo lường bao gồm lưu lượng máu từng lúc (Qb), áp lực động mạch (Pa), áp lực tĩnh mạch (Pv), áp lực intra-access trong lòng AVF và lưu lượng máu. Ngoài ra, đánh giá chỉ số tái lọc (CSTL) urê cũng giúp xác định hiệu quả lọc máu. CSTL urê $\geq 4\%$ có thể là chỉ báo cảnh báo sớm để sàng lọc hẹp AVF [8].

Cần nghi ngờ hẹp AVF khi các thông số theo dõi trong quá trình chạy TNT tăng cao, liều lọc máu không đạt yêu cầu ($spKt/V < 1,2$) hoặc CSTL urê tăng cao mà không có nguyên nhân rõ ràng, thường do lỗi kỹ thuật.

3.3. Cận lâm sàng

Bên cạnh khám lâm sàng và theo dõi các thông số trong quá trình chạy TNT, chức năng của AVF có thể được đánh giá bằng bốn nhóm phương pháp cận lâm sàng: (1) đánh giá tình trạng tái lọc dựa vào urê, (2) phương pháp pha loãng không dùng urê (như nhiệt độ, siêu âm, glucose, kali, pCO_2 ,...), (3) đo lưu lượng máu qua AVF bằng phương pháp gián tiếp hoặc trực tiếp với thiết bị chuyên dụng, và (4) hình ảnh học, bao gồm siêu âm Doppler, chụp X quang tĩnh mạch/fistula (venography/fistulography) có sử dụng thuốc cản quang, chụp cắt lớp điện toán mạch máu (Computed Tomography Angiography, CTA), và chụp mạch máu số hóa xóa nền (Digital Subtraction Angiography, DSA).

3.3.1. Siêu âm Doppler AVF

Siêu âm Doppler AVF là một phương pháp khảo sát hệ thống động – tĩnh mạch không xâm lấn, có thể làm lại nhiều lần, an toàn và rẻ tiền. Phương pháp này được Hiệp hội Phẫu thuật Mạch máu Châu Âu (European Society for Vascular Surgery, ESVS) khuyến cáo thực hiện cho tất cả BN có kế hoạch tạo AVF (khuyến cáo loại I, mức chứng cứ A) [9].

Siêu âm Doppler mapping AVF vào những ngày BN không chạy TNT. BN được garô nhẹ vùng nách làm cản trở nhẹ đường đổ về của AVF giúp cho AVF được căng phồng. Dùng Mode 2D, đặt đầu dò từ vị trí động mạch cấp cách miệng nối 2cm khảo sát đi dọc theo đường đi của động mạch, miệng nối, kè miệng nối và dọc đoạn AVF còn lại. Ghi nhận các vị trí có đường kính lòng mạch giảm. Theo Doelman C (2005) chẩn đoán hẹp AVF dựa trên siêu âm Doppler khi có giảm đường kính hơn 50% so với trước [10].

Siêu âm cung cấp thông tin quan trọng về hình thái (đường kính, độ dày thành mạch, vôi hóa, tắc hẹp, dị dạng) và chức năng (lưu lượng) của AVF. Trước phẫu thuật, siêu âm giúp đánh giá vị trí phù hợp và tiềm năng tạo AVF. Sau phẫu thuật, phương pháp này hỗ trợ phát hiện các bất thường như suy chức năng, tắc hẹp, cung lượng cao, phình hoặc giả phình. Mặc dù siêu âm có thể đánh giá sự tắc hẹp: giảm khẩu kính, thay đổi phổ..., nhưng đối với những trường hợp mạch máu nằm sâu như TM trung tâm thì cần có những phương pháp cận lâm sàng khác để hỗ trợ. Đánh giá phân loại hẹp AVF trên siêu âm Doppler được trình bày ở Bảng 2 [11].

Bảng 2. Phân loại hẹp AVF trên siêu âm Doppler

Phân loại	Vận tốc (cm/giây)	Đặc điểm hình ảnh
Bình thường	PSV đoạn giữa graft >150 cm/giây	- Không thấy hẹp - TM đường về dẫn - Có thể có giả phình, vị trí chích kim, tụ dịch quanh graft
Hẹp trung bình	Tỷ lệ PSV chỗ hẹp / PSV cách miệng nối $2\text{ cm} < 3$	- Giảm đường kính lòng mạch - Giảm hồi âm - Bất thường thành mạch
Hẹp nặng	- Tăng vận tốc rõ ở vùng bị hẹp - Tỷ lệ PSV chỗ hẹp / PSV cách miệng nối $2\text{ cm} < 3$	- Hồi âm lòng mạch với đường kính $< 2\text{ mm}$ hoặc giảm 50% đường kính - Giảm đường kính lòng mạch rõ rệt trên phổ Doppler màu
Hẹp đường cấp (inflow)	- PSV tăng ở vị trí hẹp với phổ 1 pha và giảm dạng sóng đầu xa - Tăng lưu lượng khi ấn đè graft ở miệng nối đường về	- Hồi âm lòng mạch $< 2\text{ mm}$ đường kính ở vị trí vận tốc tăng

Phân loại	Vận tốc (cm/giây)	Đặc điểm hình ảnh
Hẹp đường thoát (outflow)	- PSV đoạn giữa graft <100 cm/giây - TM đoạn xa >300cm/giây Vận tốc ở gần miệng nối giảm tương ứng với mức độ hẹp TM đường về	- Hồi âm lòng mạch < 2 mm đường kính ở vị trí vận tốc tăng - TM bành hệ quanh TM đường về
Tắc	Không có tín hiệu Doppler	- Tăng âm lòng mạch - Xẹp thành graft - TM bị tắc có thể không thấy được

Bảng 3. Đánh giá hẹp AVF trên siêu âm Doppler

Đánh giá hẹp AVF trên siêu âm	Độ nhạy cảm	Độ đặc hiệu	Giá trị tiên đoán dương	Giá trị tiên đoán âm
Mazhar S (2019) [12]	84,06%	83,33%	90,62%	73,17%
Doelman C (2005) [10]	91%	97%	91%	97%
Grogan J (2005) (Hẹp ≥ 50%) [13]	93%	94%		
Raksasuk S (2020) [14]	80%	100%		

Giá trị chẩn đoán của siêu âm Doppler AVF trong chẩn đoán hẹp lấy DSA là tiêu chuẩn vàng. Từ đó xác định độ nhạy cảm, độ đặc hiệu, giá trị tiên đoán dương, giá trị tiên đoán âm theo một số nghiên cứu trước đây như trình bày ở Bảng 3.

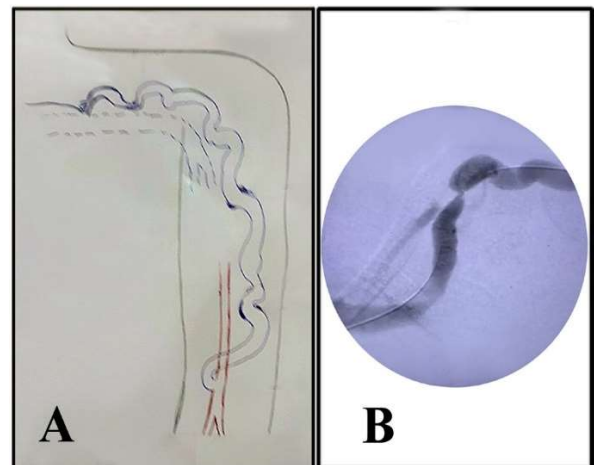
3.3.2. Chụp cắt lớp điện toán mạch máu

Chụp cắt lớp điện toán mạch máu (Computed tomography angiography, CTA) là phương pháp chẩn đoán hình ảnh để khảo sát hệ mạch máu. Bằng cách tiêm chất cản quang vào mạch máu, máy chụp cắt lớp sẽ chụp lại hình ảnh các mạch máu, sau đó tái tạo hình ảnh ba chiều bằng phần mềm chuyên dụng. Kỹ thuật này giúp xác định hệ thống, đường đi và hình dạng chính xác của mạch máu.



Hình 2. Hình ảnh CTA chi trên có cản quang (BN nữ 21 tuổi chạy TNT định kỳ tại bệnh viện Chợ Rẫy, hẹp kế miệng nối)

3.3.3. Chụp mạch máu số hóa xóa nền (DSA) hay can thiệp nội mạch trực tiếp qua da PTA (Percutaneous transluminal angioplasty)



Hình 3. Hình ảnh hẹp cung tĩnh mạch đầu AVF. (A) Hẹp cung tĩnh mạch đầu trên siêu âm Doppler; (B) Hẹp cung tĩnh mạch đầu trên chụp mạch máu số hóa xóa nền (BN nam chạy TNT định kỳ tại bệnh viện Chợ Rẫy)

Chụp mạch máu số hóa xóa nền (Digital subtraction angiography, DSA) là phương pháp chẩn đoán hình ảnh kết hợp giữa tia X và xử lý hình ảnh bằng thuật toán để xóa nền trên hai ảnh thu nhận được trước và sau khi tiêm chất cản quang vào mạch máu. Chụp DSA là một thủ thuật xâm lấn và có những nguy cơ nhất định của nó, giúp khảo sát hình dạng, đường đi của mạch máu AVF, phát hiện các biến chứng: hẹp, tắc nghẽn, huyết khối AVF... DSA được chỉ định các trường hợp nghi ngờ các biến chứng của AVF như: hẹp, tắc nghẽn, huyết khối. ...

4. KẾT LUẬN

Nhằm kéo dài tuổi thọ của AVF, vốn là con đường sống còn của BN chạy TNT, việc phát hiện sớm và theo dõi sát biến chứng hẹp AVF đóng vai trò đặc biệt quan trọng. Các phương pháp chẩn đoán hiện nay bao gồm: khám lâm sàng, theo dõi các thông số bất thường trong quá trình chạy TNT và các công cụ cận lâm sàng như siêu âm Doppler, chụp cắt lớp vi tính mạch máu, và chụp mạch số hóa xóa nền. Trong đó, khám lâm sàng được xem là phương pháp tối ưu trong điều kiện hiện nay nhờ tính đơn giản, ít xâm lấn và chi phí hợp lý. Đây là phương pháp phù hợp để triển khai rộng rãi tại các cơ sở y tế đang đối mặt với tình trạng quá tải nhân lực và hạn chế về trang thiết bị kỹ thuật.

Nguồn tài trợ

Tổng quan này không nhận tài trợ.

Xung đột lợi ích

Không có xung đột lợi ích tiềm ẩn nào liên quan đến bài viết này được báo cáo.

ORCID

Phạm Văn Hiền

<https://orcid.org/0000-0001-7674-4346>

Đóng góp của các tác giả

Ý tưởng nghiên cứu: Phạm Văn Hiền

Đề cương và phương pháp nghiên cứu: Phạm Văn Hiền

Thu thập dữ liệu: Phạm Văn Hiền

Phân tích dữ liệu: Phạm Văn Hiền

Viết bản thảo đầu tiên: Phạm Văn Hiền

Cung cấp dữ liệu và thông tin nghiên cứu

Tác giả liên hệ sẽ cung cấp dữ liệu nếu có yêu cầu từ Ban biên tập.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Van BP, Duc CV. Global dialysis perspective: Vietnam. *Kidney360*. 2020;1(9):974.
2. Taylor MJ, Hanson CS, Casey JR, Craig JC, Harris D, Tong A. You know your own fistula, it becomes a part of you—Patient perspectives on vascular access: A semistructured interview study. *Hemodial Int*. 2016;20(1):5-14.
3. Lok CE, Huber TS, Lee T, Shenoy S, Yevzlin AS, Abreo K, et al. KDOQI Clinical Practice Guideline for Vascular Access: 2019 Update. *American Journal of Kidney Diseases*. 2020;75(4 Suppl 2):S1-s164.
4. Besarab A, Detroit MI, Work J, Atlanta GA. Clinical Practice Guidelines for Vascular Access. *American Journal of Kidney Diseases*. 2006;48:176-247.
5. Lee T, Roy-Chaudhury P. Advances and new frontiers in the pathophysiology of venous neointimal hyperplasia and dialysis access stenosis. *Adv Chronic Kidney Dis*. 2009;16(5):329-38.
6. Pham HV, Tran NV, To KG, Tran HTBJM. The role of physical examinations in detecting arteriovenous fistula stenosis among chronic hemodialysis patients: a cross-sectional study. *MedPharmRes*. 2024;8(3):173-82.
7. Salman L, Beathard G. Interventional nephrology: Physical examination as a tool for surveillance for the hemodialysis arteriovenous access. *CJASN*. 2013;8(7):1220-7.
8. Pham HV, Tran NV, To KG, Tran HTBJM. The value of urea-based recirculation in screening arteriovenous fistula stenosis among end stage renal disease patients undergoing maintenance hemodialysis. *MedPharmRes*. 2024;8(4):237-45.
9. Schmidli J, Widmer MK, Basile C, de Donato G, Gallieni M, Gibbons CP, et al. Vascular access: 2018 clinical practice guidelines of the European society for vascular surgery (ESVS) 5. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2018;1:e62.
10. Doelman C, Duijm LE, Liem YS, et al. Stenosis detection in failing hemodialysis access fistulas and grafts: comparison of color Doppler ultrasonography, contrast-enhanced magnetic resonance angiography, and digital subtraction angiography. *Journal of Vascular Surgery*. 2005;42(4):739-46.
11. Teodorescu V, Gustavson S, Schanzer H. Duplex

- Ultrasound Evaluation of Hemodialysis Access: A Detailed Protocol. *International Journal of Nephrology*. 2012;2012:508956.
12. Mazhar S, Mansoor A, Chaudhary ANJAoP-SZABMU. Diagnostic accuracy of Color Doppler Ultrasound in determining arteriovenous fistula stenosis. 2019;15(2):56-60.
 13. Grogan J, Castilla M, Lozanski L, Griffin A, Loth F, Bassiouny HJJovs. Frequency of critical stenosis in primary arteriovenous fistulae before hemodialysis access: should duplex ultrasound surveillance be the standard of care? 2005;41(6):1000-6.
 14. Raksasuk S, Naweera W, Rojwatcharapibarn S, Srithongkul TJJoU. Comparing non-invasive diagnostic methods for arteriovenous fistula stenosis: a prospective study. 2023;26(3):687-93.