

DOI: 10.58490/ctump.2025i89.3909

**NGHIÊN CỨU BIẾN ĐỔI GIẢI PHẪU VÒNG ĐỘNG MẠCH NÃO
TRÊN HÌNH ẢNH CHỤP CỘNG HƯỞNG TỪ 3 TESLA
TẠI BỆNH VIỆN ĐA KHOA TRUNG ƯƠNG CẦN THƠ NĂM 2023-2025**

Dương Như Quỳnh^{1*}, Bùi Ngọc Thuần², Phù Trí Nghĩa¹, Đoàn Dũng Tiến¹

1. Trường Đại học Y Dược Cần Thơ

2. Bệnh viện Đa khoa Trung ương Cần Thơ

*Email: quynh.duong997@gmail.com

Ngày nhận bài: 05/4/2025

Ngày phản biện: 07/6/2025

Ngày duyệt đăng: 25/7/2025

TÓM TẮT

Đặt vấn đề: Vòng động mạch não đóng vai trò quan trọng trong tưới máu não giúp kết nối tuần hoàn trước và sau. Các biến thể giải phẫu trong vòng động mạch não có thể ảnh hưởng đến nguy cơ đột quỵ, thiếu máu não và các bệnh lý thần kinh. Ở Việt Nam, nghiên cứu về biến thể của vòng động mạch não chủ yếu dựa trên chụp cắt lớp vi tính mạch máu, trong khi sử dụng cộng hưởng từ mạch máu đặc biệt là CHT 3 Tesla còn hạn chế. **Mục tiêu nghiên cứu:** Mô tả bất thường và xác định tỉ lệ các dạng biến đổi giải phẫu vòng Willis trên hình ảnh chụp cộng hưởng từ 3 Tesla tại Bệnh viện Đa khoa Trung ương Cần Thơ năm 2023-2025. **Đối tượng và phương pháp nghiên cứu:** Nghiên cứu mô tả cắt ngang trên 218 bệnh nhân được chụp cộng hưởng từ mạch máu 3 Tesla có chuỗi xung Time-of-Flight 3D (TOF-3D) tại Bệnh viện Đa khoa Trung ương Cần Thơ. **Kết quả:** Nghiên cứu ghi nhận tỉ lệ biến thể chung là 90,8%, tỉ lệ đối tượng nghiên cứu nam/nữ=0,6/1. Vòng tuần hoàn trước có biến thể chiếm 45,4%, dạng thiếu sản/bất sản động mạch thông trước chiếm 22,9%. Biến thể vòng tuần hoàn sau chiếm 86,7%, dạng thiếu sản/bất sản động mạch thông sau hai bên chiếm tỉ lệ cao nhất 56,0%. Tỉ lệ biến thể tăng dần theo tuổi: ≤ 20 tuổi (71,4%), 21-40 tuổi (83,3%), 41-60 tuổi (92,5%), >60 tuổi (97,8%) với $p=0,007$. **Kết luận:** Có sự đa dạng về biến thể giải phẫu trong vòng động mạch não, với tuổi là yếu tố quan trọng liên quan đến tính hoàn chỉnh của vòng động mạch não.

Từ khóa: Vòng động mạch não, biến thể giải phẫu mạch máu, CHT TOF-3D, CHT 3 Tesla.

ABSTRACT

**STUDY ON ANATOMICAL VARIATIONS OF THE CIRCLE OF WILLIS
ON 3 TESLA MAGNETIC RESONANCE IMAGING
AT CAN THO CENTRAL GENERAL HOSPITAL IN 2023-2025**

Dương Như Quỳnh^{1*}, Bùi Ngọc Thuần², Phù Trí Nghĩa¹, Đoàn Dũng Tiến¹

1. Can Tho University of Medicine and Pharmacy

2. Can Tho Central General Hospital

Background: The Circle of Willis plays an important role in ensuring cerebral blood flow through anterior and posterior circulation systems. The presence of anatomical variations in the Circle of Willis may affect the risk of stroke, cerebral ischemia, and other neurological diseases. Currently in Vietnam, research on Circle of Willis variations is so far mainly based on Computed Tomography Angiography (CTA), while the use of Magnetic Resonance Angiography (MRA), especially 3 Tesla MRI, is still limited. **Objectives:** To describe and determine the prevalence of anatomical variations of the Circle of Willis on 3 Tesla magnetic resonance imaging at Can Tho Central General Hospital from 2023 to 2025. **Materials and methods:** A cross-sectional descriptive study was conducted on 218 patients who underwent 3 Tesla brain MRI with TOF-3D MRA sequence at Can Tho Central General Hospital. **Results:** The study recorded an overall variation rate of

90.8%, with a male/female ratio of study subjects of 0.6/1. Anterior circulation variations accounted for 45.4%, with hypoplasia/aplasia of anterior communicating artery accounting for 22.9%. Posterior circulation variations reached up to 86.7%, with hypoplasia/aplasia of bilateral posterior communicating arteries having the highest rate 56.0%. The variation rate increased with age: ≤ 20 years (71.4%), 21-40 years (83.3%), 41-60 years (92.5%), > 60 years (97.8%) with $p=0.007$. **Conclusion:** There is a diversity in anatomical variations of the Circle of Willis, with ages being an important factor related to the completeness of the Circle of Willis. This finding has important implications in assessing the risk of cerebrovascular diseases in the elderly.

Keywords: Circle of Willis, vascular anatomical variations, TOF-3D MRA, 3 Tesla MRI.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống động mạch cấp máu cho não có cấu trúc phức tạp và thường xuyên xuất hiện biến thể giải phẫu, đặc biệt ở vòng động mạch não (vòng Willis). Tỷ lệ biến đổi vòng động mạch não được ghi nhận khá cao, dao động khoảng 60-80% [1], [2]. Nghiên cứu của Krabbe-Hartkamp và cộng sự (1998) cho thấy chỉ 42% người trưởng thành có vòng Willis hoàn chỉnh, tức 58% có ít nhất một biến thể [3]. Sự hiểu biết về giải phẫu và các biến thể của vòng Willis ngày càng trở nên quan trọng trong bối cảnh phát triển mạnh các kỹ thuật can thiệp mạch máu não hiện đại như điều trị đột quy, phình mạch, dị dạng mạch máu não.

Trước đây, nghiên cứu giải phẫu vòng động mạch não được thực hiện bằng hai kỹ thuật kinh điển là: Khuôn đúc mạch và phẫu tích [4]. Mặc dù thu được những hiểu biết quan trọng, nhưng còn nhiều hạn chế trong việc đánh giá kết quả, bảo quản mẫu và cỡ mẫu hầu như không đủ để đánh giá những thay đổi giải phẫu hiếm gặp. Hiện nay, với sự phát triển của các phương tiện chẩn đoán hình ảnh hiện đại như CLVTMM, CHTMM, chụp mạch số hóa xóa nền, đặc biệt là CHTMM với từ trường cao 3 Tesla đã khắc phục phần lớn những hạn chế này, cho phép khảo sát chi tiết cấu trúc mạch máu não mà không cần tiêm thuốc tương phản. Nghiên cứu của Hartkamp và cộng sự (1999) đã chứng minh tính ưu việt của cộng hưởng từ mạch máu trong việc đánh giá dòng máu bàng hệ qua vòng Willis [5].

Tại Việt Nam, nghiên cứu về biến đổi giải phẫu vòng động mạch não còn hạn chế, đặc biệt là những nghiên cứu sử dụng cộng hưởng từ từ trường cao 3 Tesla. Với thực tế trên, nghiên cứu “Nghiên cứu biến đổi giải phẫu vòng động mạch não trên hình ảnh chụp cộng hưởng từ 3 Tesla tại Bệnh viện Đa khoa Trung ương Cần Thơ năm 2023-2025” được thực hiện với mục tiêu: Mô tả bất thường và xác định tỉ lệ các dạng biến đổi giải phẫu vòng Willis trên hình ảnh chụp cộng hưởng từ 3 Tesla tại Bệnh viện Đa khoa Trung ương Cần Thơ năm 2023-2025.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Các bệnh nhân (BN) được chụp cộng hưởng từ mạch máu não (CHTMM) bằng kỹ thuật TOF 3D trên máy chụp cộng hưởng từ 3 Tesla, tại Bệnh viện Đa khoa Trung ương Cần Thơ từ năm 2023 đến năm 2025.

- **Tiêu chuẩn chọn mẫu:** Bệnh nhân chụp cộng hưởng từ mạch máu não bằng kỹ thuật TOF 3D trên máy chụp cộng hưởng từ 3 Tesla không phân biệt về tuổi, giới tính. Bệnh nhân chụp cộng hưởng từ mạch máu não bằng kỹ thuật TOF 3D trên máy chụp cộng hưởng từ 3.0 Tesla không phân biệt về tuổi, giới tính, bao gồm: (1) Bệnh nhân đến khám với các triệu chứng thần kinh nhẹ như đau đầu, chóng mặt không rõ nguyên nhân; (2) Người tự

nguyện tham gia nghiên cứu hoặc trong chương trình kiểm tra sức khỏe định kỳ; (3) Bệnh nhân được chỉ định chụp CHT mạch não để loại trừ bệnh lý mạch máu não.

- **Tiêu chuẩn loại trừ:** Bệnh nhân đã được phẫu thuật hay điều trị can thiệp nội mạch. Các phim của bệnh nhân bị phình mạch, bóc tách mạch, có huyết khối, tình trạng xơ vữa đóng vôi > 50% lòng mạch, gây xáo ảnh hạn chế khảo sát hệ động mạch não. Chất lượng hình ảnh không đạt yêu cầu như nhiều ảnh giả gây khó khăn cho việc khảo sát hệ động mạch não.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- **Thiết kế nghiên cứu:** Nghiên cứu mô tả cắt ngang.

- **Cỡ mẫu:** Áp dụng công thức tính cỡ mẫu cho nghiên cứu tỉ lệ.

$$n \geq \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 \times p \times (1 - p)}{d^2}$$

Trong đó:

n: Cỡ mẫu.

Z: Hệ số tin cậy $Z_{1-\alpha/2}=1,96$ tương ứng $\alpha=0,05$.

p: Tỉ lệ biến đổi giải phẫu vòng động mạch não theo tác giả Võ Thị Thuý Hằng (2024) là 79.4% dân số [1].

d: Sai số tuyệt đối cho phép. Chọn $d=0,06$.

Thay vào công thức ta tính được: $n \geq 174,65$. Chọn tất cả những BN thoả tiêu chuẩn chọn mẫu với cỡ mẫu tối thiểu là 175 BN.

- **Phương pháp chọn mẫu:** Chọn mẫu thuận tiện, những bệnh nhân đủ tiêu chuẩn chọn, không có tiêu chuẩn loại trừ trong khoảng thời gian từ năm 2023 đến năm 2025, chúng tôi chọn được 218 mẫu phù hợp.

- **Nội dung nghiên cứu:**

+ Đặc điểm chung của đối tượng nghiên cứu: Tuổi, giới tính.

+ Tỉ lệ các dạng biến đổi giải phẫu của vòng tuần hoàn trước (VTHT), vòng tuần hoàn sau (VTHS) dựa theo phân loại của tác giả Krabbe-Hartkam (1998) [3].

+ Mối liên hệ giữa mức độ hoàn chỉnh của VĐMN với các yếu tố liên quan (tuổi, giới tính). Vòng tuần hoàn trước (VTHT) được coi là hoàn chỉnh khi thuộc một trong các loại A, B, C, D, E, F. Vòng tuần hoàn sau (VTHS) hoàn chỉnh khi thuộc một trong ba nhóm A, B, C [6]. Một bệnh nhân được xác định có VĐMN hoàn chỉnh khi cả VTHT và VTHS đều đạt tiêu chuẩn hoàn chỉnh. Nếu chỉ một trong hai vòng tuần hoàn đạt tiêu chuẩn hoàn chỉnh, VĐMN được xếp vào nhóm hoàn chỉnh một phần. Trường hợp cả hai vòng đều không hoàn chỉnh, VĐMN được phân loại là không hoàn chỉnh.

- **Phương pháp xử lý số liệu:** Thông tin được thu thập dựa vào biểu mẫu sẽ được lưu trữ bằng phần mềm Microsoft Excel 2019 và xử lý bằng phần mềm thống kê Stata 14.2. Các biến số liên tục được mô tả bằng số trung bình. Thống kê mô tả dùng để tính tần số hay tỉ số của các biến số định tính. So sánh tỉ lệ hình dạng bình thường và biến thể giữa nam và nữ của lần lượt VTHT, VTHS và VĐMN bằng phép kiểm Chi bình phương hoặc Fisher's khi có bất kỳ giá trị vọng trị nào nhỏ hơn 5. Sử dụng giá trị $p < 0,05$ để đánh giá mức ý nghĩa thống kê của kiểm định.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Đặc điểm chung của đối tượng nghiên cứu

Trong 218 bệnh nhân thoả tiêu chí chọn mẫu, tỉ lệ biến thể chung là (90,8%). Tỉ lệ đối tượng nghiên cứu nam/nữ xấp xỉ 0,6/1 (85/133 đối tượng). Tuổi trung bình là 54,95 ±

16,32 tuổi, tuổi nhỏ nhất là 8, tuổi lớn nhất là 94. Nhóm tuổi 41-60 chiếm nhiều nhất 42,7%, kế đến là nhóm tuổi > 60 với 41,7%, hai nhóm tuổi này chiếm tổng cộng 84,4% mẫu, nhóm ≤ 20 tuổi chỉ chiếm 3,2%.

3.2. Biến đổi giải phẫu của vòng động mạch não trên hình ảnh CHTMM 3 Tesla

Bảng 1. Phân bố các dạng biến đổi giải phẫu vòng tuần hoàn trước theo giới tính

Dạng VTHT	n (218)	Ti lệ (100%)	Dạng VTHS	n (218)	Ti lệ (100%)
Dạng A	119	54,6	Dạng A	7	3,2
Dạng B	5	2,3	Dạng B	4	1,8
Dạng C	2	0,9	Dạng C	3	1,4
Dạng D	8	3,7	Dạng D	33	15,1
Dạng E	2	0,9	Dạng E	122	56,0
Dạng F	0	0,0	Dạng F	10	4,6
Dạng G	50	22,9	Dạng G	8	3,7
Dạng H	28	12,8	Dạng H	15	6,9
Dạng I	0	0,0	Dạng I	8	3,7
Dạng J	1	0,5	Dạng J	7	3,2
Dạng khác:	2	0,9	Dạng khác:	1	0,5

Nhận xét: Chúng tôi chỉ xác định được 8/10 dạng biến đổi VTHT và tìm thấy đầy đủ 10/10 dạng biến đổi VTHS theo phân loại của Krabbe-Hartkamp [3]. Ở VTHT tỉ lệ dạng A (dạng hoàn chỉnh) chiếm nhiều nhất với 54,6%, các biến thể thường gặp tiếp theo là dạng G (thiếu sản/bất sản ĐM thông trước) và dạng H (thiếu sản/bất sản ĐMN trước đoạn A1) (lần lượt là 22,9% và 12,8%). Ngoại trừ 2 dạng F và I không được tìm thấy thì dạng C, E và J là những dạng chiếm tỉ lệ thấp nhất (chưa đến 1%). Dạng khác được tìm thấy ở VTHT là dạng biến đổi ĐM thông trước 2 vị trí xuất phát và gộp lại thành 1 trước khi nối vào ACA đối diện. Tỉ lệ dạng E (thiếu sản/bất sản ĐM thông sau hai bên) nhiều nhất khoảng 56,0% (122 người) ở VTHS, dạng phổ biến tiếp theo là dạng D (thiếu sản/bất sản ĐM thông sau một bên). Dạng C (ĐMN sau bào thai hai bên) và dạng B (ĐMN sau bào thai một bên) chiếm tỉ lệ thấp nhất (lần lượt là 1,4% và 1,8%). Có 1 dạng biến đổi khác của VTHS được tìm thấy là ĐM thông sau một bên chia 2 nhánh, một nhánh nối với ĐMN sau, nhánh còn lại chạy song song với ĐMN sau để cấp máu cho tuần hoàn sau.

3.3. Tương quan giữa sự hoàn chỉnh của vòng động mạch não với tuổi và giới tính

Bảng 2. Mối liên quan giữa mức độ hoàn chỉnh của vòng động mạch não và giới tính

Mức độ hoàn chỉnh vòng động mạch não	Tổng		Nam		Nữ		p
	n (218)	Ti lệ (100%)	n (85)	Ti lệ (100%)	n (133)	Ti lệ (100%)	
Hoàn chỉnh	10	4,6	2	2,4	8	6,0	0,498
Hoàn chỉnh một phần	123	56,4	46	54,1	77	57,9	
Không hoàn chỉnh	85	39,0	37	43,5	48	36,1	

Nhận xét: Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về mức độ hoàn chỉnh của vòng Willis giữa nam và nữ (phép kiểm Fisher's, p=0,498).

Bảng 3. Mối liên quan giữa mức độ hoàn chỉnh của vòng động mạch não và nhóm tuổi

Mức độ hoàn chỉnh vòng động mạch não	≤ 20 tuổi		21-40 tuổi		41-60 tuổi		> 60 tuổi		p
	n (7)	Ti lệ (100%)	n (27)	Ti lệ (100%)	n (93)	Ti lệ (100%)	n (91)	Ti lệ (100%)	
Hoàn chỉnh	2	28,6	2	7,4	4	4,3	2	2,2	0,007

Mức độ hoàn chỉnh vòng động mạch não	≤ 20 tuổi		21-40 tuổi		41-60 tuổi		> 60 tuổi		p
	n (7)	Tỉ lệ (100%)	n (27)	Tỉ lệ (100%)	n (93)	Tỉ lệ (100%)	n (91)	Tỉ lệ (100%)	
Hoàn chỉnh một phần	2	28,6	19	70,4	58	62,4	44	48,4	
Không hoàn chỉnh	3	42,9	6	22,2	31	33,3	45	49,5	

Nhận xét: Có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về mức độ hoàn chỉnh của VĐMN giữa các nhóm tuổi (phép kiểm Fisher's, $p=0,007$). Tỉ lệ VĐMN hoàn chỉnh giảm dần theo tuổi, từ 28,6% ở nhóm ≤ 20 tuổi xuống còn 2,2% ở nhóm > 60 tuổi. Ngược lại, tỉ lệ VĐMN không hoàn chỉnh tăng dần theo tuổi, cao nhất ở nhóm > 60 tuổi (49,5%).

IV. BÀN LUẬN

4.1. Đặc điểm chung của đối tượng nghiên cứu

Nghiên cứu của chúng tôi ghi nhận tỉ lệ đối tượng nghiên cứu nữ cao hơn nam (nam/nữ là 0,6/1), khác với nghiên cứu của Krabbe-Hartkamp và cộng sự (tỉ lệ nam/nữ khá cân bằng) [3]. Tuy nhiên, Võ Thị Thuý Hằng trong nghiên cứu tại Việt Nam cũng cho thấy một tỉ lệ nam/nữ xấp xỉ 0,8/1 [1], điều này có thể phản ánh đặc điểm của dân số Việt Nam được nghiên cứu. Sự khác biệt về tỉ lệ nam/nữ giữa các nghiên cứu có thể liên quan đến đặc điểm dân số học và phương pháp chọn mẫu từng nghiên cứu.

Về phân bố tuổi, đa số bệnh nhân thuộc nhóm tuổi từ 41-60 và trên 60, phù hợp với nhận định rằng các biến đổi giải phẫu VĐMN thường gặp ở người lớn tuổi do quá trình lão hóa mạch máu. Điều này cũng tương đồng với nghiên cứu của Charles Nyasa và cộng sự, người đã ghi nhận độ tuổi trung bình của các đối tượng nghiên cứu là $54,3 \pm 16,7$ [2].

4.2. Biến đổi giải phẫu của vòng động mạch não trên hình ảnh CHTMM 3 Tesla

Về biến đổi giải phẫu vòng tuần hoàn trước, dạng hoàn chỉnh (dạng A) chiếm tỉ lệ cao nhất với 54,6% trong nghiên cứu của chúng tôi, thấp hơn so với tỉ lệ 74% được ghi nhận trong nghiên cứu của Krabbe-Hartkamp [3], nhưng cao hơn so trong nghiên cứu của Charles Nyasa (chiếm 26%) [2]. Sự khác biệt này có thể do yếu tố dân tộc và phương pháp nghiên cứu, khi Charles Nyasa sử dụng phương pháp nghiên cứu trên xác, trong khi chúng tôi sử dụng phương pháp chẩn đoán hình ảnh trên cộng hưởng từ 3 Tesla. Các biến thể thường gặp tiếp theo của vòng tuần hoàn trước là thiếu sản hoặc bất sản động mạch thông trước và thiếu sản hoặc bất sản nhánh A1, tương đồng với kết quả nghiên cứu của Kardile và cộng sự tại Ấn Độ [7] và Cieśllicki và cộng sự tại Ba Lan [8]. Tỉ lệ cao của biến thể thiếu sản hoặc bất sản động mạch thông trước có ý nghĩa lâm sàng quan trọng vì động mạch này đóng vai trò thiết yếu trong việc kết nối tuần hoàn giữa hai bán cầu não, đảm bảo dòng máu bù trừ khi có tình trạng tắc nghẽn ở động mạch cảnh một bên, như đã được nhấn mạnh bởi Ellis và cộng sự (2021) [9].

Ở vòng tuần hoàn sau, thiếu sản hoặc bất sản động mạch thông sau hai bên chiếm tỉ lệ cao nhất trong nghiên cứu của chúng tôi. Nghiên cứu của Kızılgöz và cộng sự (2022) cũng ghi nhận các dạng E và D là các biến thể phổ biến thứ hai và thứ ba trong vòng tuần hoàn sau [10]. Dạng biến thể bào thai của ĐMN sau cả hai bên và một bên trong nghiên cứu của chúng tôi chiếm tỉ lệ thấp, tương đồng với nghiên cứu của Võ Thị Thuý Hằng (2024) với tỉ lệ ĐMN sau bào thai một bên chiếm tỉ lệ thấp nhất, khoảng 0,9%. Tuy nhiên, Feng và cộng sự đã ghi nhận mối liên quan đáng kể giữa biến thể này và cả sự hình thành và vỡ của các phình động mạch thông sau, nhấn mạnh tầm quan trọng lâm sàng của việc xác định các biến thể này [11]. Tỉ lệ cao của thiếu sản hoặc bất sản động mạch thông sau trong nghiên cứu

của chúng tôi có ý nghĩa lâm sàng làm giảm khả năng bù trừ tuần hoàn não, dẫn đến tăng nguy cơ thiếu máu não cục bộ trong trường hợp có tắc nghẽn mạch máu.

4.3. Tương quan giữa sự hoàn chỉnh của vòng động mạch não với tuổi và giới tính

Nghiên cứu của chúng tôi không tìm thấy sự khác biệt về mức độ hoàn chỉnh của vòng Willis giữa nam và nữ, khác với nghiên cứu của Krabbe-Hartkamp [3]. Tuy nhiên, về mối liên quan với tuổi, chúng tôi nhận thấy có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về mức độ hoàn chỉnh của vòng Willis giữa các nhóm tuổi ($p=0,007$). Tỷ lệ vòng Willis hoàn chỉnh giảm dần theo tuổi, từ 28,6% ở nhóm ≤ 20 tuổi xuống còn 2,2% ở nhóm > 60 tuổi. Ngược lại, tỷ lệ vòng Willis không hoàn chỉnh tăng dần theo tuổi, cao nhất ở nhóm > 60 tuổi (49,5%). Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Krabbe-Hartkamp, ghi nhận tỷ lệ vòng Willis hoàn chỉnh cao hơn ở người trẻ tuổi. Kızılgöz và cộng sự (2022) cũng ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về tuổi liên quan đến mức độ hoàn chỉnh của vòng Willis [10]. Sự giảm tính hoàn chỉnh của vòng Willis theo tuổi có thể được giải thích bởi quá trình lão hóa tự nhiên, gây ra các thay đổi về mặt cấu trúc và chức năng của hệ thống mạch máu, như đã được mô tả bởi Kneyber và cộng sự (2021) [12].

V. KẾT LUẬN

Tỷ lệ biến đổi cao nhất của vòng động mạch não ở vòng tuần hoàn sau, đặc biệt là thiếu sản hoặc bất sản ĐM thông sau hai bên (56,0%). Trong khi đó, vòng tuần hoàn trước có dạng hoàn chỉnh chiếm tỷ lệ cao (54,6%), với các biến thể thường gặp là thiếu sản hoặc bất sản ĐM thông trước (22,9%) và thiếu sản hoặc bất sản ĐM não trước đoạn A1 (12,8%). Tuổi là yếu tố quan trọng liên quan đến tính hoàn chỉnh của vòng Willis ($p=0,007$), với tỷ lệ vòng Willis hoàn chỉnh giảm rõ rệt từ 28,6% ở nhóm ≤ 20 tuổi xuống còn 2,2% ở nhóm > 60 tuổi. Ngược lại, vòng Willis không hoàn chỉnh tăng dần theo tuổi, đạt tỷ lệ cao nhất (49,5%) ở nhóm > 60 tuổi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Võ Thị Thuý Hằng. Nghiên cứu biến đổi giải phẫu vòng động mạch não tại Việt Nam. *Tạp chí Y học Việt Nam*. 2024. 518(1), 58-64. DOI: <https://doi.org/10.32895/hcjm.m.2024.06.13>.
2. Charles N., Anthony M., Ernest F.B. *et al.* Distribution of variations in anatomy of the circle of Willis: results of a cadaveric study of the Malawian population and review of literature. *Pan Afr Med J*. 2021. 39, 174. DOI: <https://doi.org/10.11604/pamj.2021.38.11.27126>.
3. Krabbe-Hartkamp M.J., van der Grond J., de Leeuw F.E., *et al.* Circle of Willis: morphologic variation on three-dimensional time-of-flight MR angiography. *Radiology*. 1998. 207(1), 103-111. DOI: <https://doi.org/10.1148/radiology.207.1.9530305>.
4. Hoàng Văn Cúc. Góp phần nghiên cứu các động mạch cấp máu cho não người trưởng thành Việt Nam. Đề tài nghiên cứu cấp bộ, Trường Đại học Y Hà Nội. 2000.
5. Hartkamp M.J., van Der Grond J., van Everdingen K.J., *et al.* Circle of Willis collateral flow investigated by magnetic resonance angiography. *Stroke*. 1999. 30(12), 2671-2678. DOI: <https://doi.org/10.1161/01.str.30.12.2671>.
6. Thanh N.A. Nghiên cứu hình thái học vòng đa giác Willis bằng cộng hưởng từ mạch máu (MRA). Thạc sĩ Y học, Đại học Y Dược TP. Hồ Chí Minh. 2007.
7. Kardile P.B., Ughade J.M., Pandit S.V., Ughade M.N. Anatomical variations of circle of Willis - a cadaveric study. *Int Surg J*. 2017. 4(4), 1249-1258. DOI: <https://doi.org/10.18203/2349-2902.isj20171016>.

8. Cieśllicki K., Rowiński O., Pręgoska A. A multitude of variations in the configuration of the circle of Willis: An autopsy study. *J Anat.* 2021. 238(1), 252–262. DOI: <https://doi.org/10.1111/joa.13302>.
 9. Ellis J.A., Nossek E., Kronenburg A., Langer D.J., Ortiz R.A. Surgical and endovascular approaches to anterior communicating artery aneurysms: a systematic review of anatomical, technical, and outcome studies. *Neurosurg Focus.* 2021. 51(4), E15. DOI: <https://doi.org/10.3171/2021.7.FOCUS21335>.
 10. Kızılgöz V., Kantarcı M., Kahraman Ş. Evaluation of Circle of Willis variants using magnetic resonance angiography. *Scientific Reports.* 2022. 12(1), 17611. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-21833-w>.
 11. Feng Q., Mao Q., Zhang G., Zhu Y., Han Y. Anatomical variations in the Circle of Willis and the formation and rupture of intracranial aneurysms: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in neurology.* 2023.13, 1098950. DOI: <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.1098950>.
 12. Kneyber J., Bokkers R.P.H., Compter A., *et al.* Completeness of the circle of Willis and risk of ischemic stroke in patients without cerebrovascular disease. *Neuroradiology.* 2021. 63(3), 401–409. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00234-020-02536-3>.
-