

ĐẶC ĐIỂM BIẾN THỂ GIẢI PHẪU ĐA GIÁC WILLIS TRÊN CẮT LỚP VI TÍNH 64 DÂY Ở BỆNH NHÂN CÓ VÀ KHÔNG CÓ ĐỘT QUỴ NÃO

Nguyễn Duy Toàn¹, Vũ Văn Sơn², Lành Mỹ Duyên², Phùng Anh Tuấn^{1*}

Tóm tắt

Mục tiêu: Xác định đặc điểm các biến thể của đa giác Willis trên cắt lớp vi tính (CLVT) 64 dây ở bệnh nhân (BN) có và không có đột quỵ não. **Phương pháp nghiên cứu:** Nghiên cứu tiền cứu, mô tả cắt ngang trên 284 BN chụp CLVT trên máy 64 dây, tại Khoa X-quang Chẩn đoán, Bệnh viện Quân y 103 từ tháng 3/2023 - 01/2024. Đánh giá các biến thể theo phân loại của Chen HW. Mô tả đặc điểm hình ảnh, so sánh các tốp biến thể với giới tính. **Kết quả:** Biến thể gặp nhiều nhất ở phần trước là thiếu sản A1 (10,6%), trong khi phần sau gặp chủ yếu là thiếu sản động mạch (ĐM) thông sau (35,9%). Trong phần trước, gặp nhiều nhất là tốp A (70,1%), tốp H (16,5%) và tốp G (6,7%). Trong phần sau, gặp nhiều nhất là tốp D (27,8%), tốp A (24,3%) và tốp E (23,2%). Vòng Willis đầy đủ chiếm 31,3%. Không có mối liên quan giữa hình dạng vòng Willis với giới tính. **Kết luận:** Vòng tuần hoàn đa giác Willis có nhiều biến thể, dạng đầy đủ của vòng chiếm tỷ lệ thấp.

Từ khóa: Đa giác Willis; Cắt lớp vi tính; Đột quỵ não; Biến thể.

CHARACTERISTIC OF THE CIRCLE OF WILLIS ON 64-SLICE COMPUTED TOMOGRAPHY IN PATIENTS WITH AND WITHOUT STROKE

Abstract

Objectives: To evaluate the variations of the circle of Willis (CW) on 64-slice computed tomography (CT) in patients with and without stroke. **Methods:** A prospective descriptive cross-sectional study on 284 patients with and without stroke scanned with 64-slice CT at Diagnostic Radiology Department, Military Hospital 103 from April 2023 to January 2024.

¹Bệnh viện Quân y 103, Học viện Quân y

²Học viện Quân y

*Tác giả liên hệ: Phùng Anh Tuấn (phunganhtuanbv103@gmail.com)

Ngày nhận bài: 22/3/2024

Ngày được chấp nhận đăng: 15/4/2024

<http://doi.org/10.56535/jmpm.v49.775>

The classification of Chen HW was used. A comparison of variation with gender was performed. **Results:** A1 segment hypoplasia was the most common variant of the anterior part of CW (10.6%); PCoA hypoplasia occupied the most in the posterior part of CW (35.9%). In the anterior part, type A (70.1%), type H (16.5%), and type G (6.7%) were the most common. In the posterior part, the most common variant was type D (27.8%), type A (24.3%), and type E (23.2%). The proportion of patients with complete CW configuration was 31.3%. There was no association between CW configuration and gender. **Conclusion:** The CW has more variants; the complete CW configuration has a low rate.

Keywords: Willis circle; Computed tomography; Stroke, Variation.

ĐẶT VẤN ĐỀ

Đa giác Willis là một cấu trúc giải phẫu ĐM quan trọng nằm ở nền não để tạo vòng nối giữa hệ ĐM cảnh và hệ ĐM đốt sống thân nền. Vòng tuần hoàn đa giác Willis đầy đủ gồm đoạn A1 hai bên của ĐM não trước, ĐM thông trước nối thông hai đoạn A1, đoạn P1 hai bên của ĐM não sau và hai ĐM thông sau nối thông ĐM cảnh trong với ĐM não sau. Các vòng nối thông này tạo ra sự cân bằng lưu lượng máu giữa hai bên của não nếu một bên tuần hoàn bị tắc [1]. Vòng tuần hoàn đa giác Willis đầy đủ cũng liên quan đến giảm nguy cơ xuất huyết nội sọ sau khi dùng tiêu sợi huyết đường tĩnh mạch ở những BN đột quy thiếu máu não [2]. Tuy nhiên, đa giác Willis lại có nhiều biến thể giải phẫu trên cả nhóm dân số khỏe mạnh và có bệnh lý. Hơn nữa, các biến thể đa giác Willis không đầy đủ có liên quan đến tăng nguy cơ bệnh lý mạch máu não. Khảo sát giải phẫu đa giác Willis có ý nghĩa quan trọng trên lâm sàng, giúp chẩn

đoán, lập kế hoạch cho các thủ thuật can thiệp và phẫu thuật, giải thích các dấu hiệu không thường gặp sau điều trị như không cải thiện lâm sàng sau phẫu thuật sọ não. Do đó, chúng tôi thực hiện nghiên cứu này nhằm: *Xác định đặc điểm các biến thể giải phẫu của đa giác Willis trên CLVT 64 dãy ở BN có và không có đột quy não.*

ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Đối tượng nghiên cứu

284 BN khám và điều trị tại Khoa Đột quy, Bệnh viện Quân y 103 từ tháng 3/2023 - 01/2024.

* *Tiêu chuẩn lựa chọn:* BN có triệu chứng nghi ngờ đột quy nhồi máu não; BN với các bệnh lý khác nhau được chụp CLVT sọ não có tiêm cản quang, dựng hình mạch máu não; chụp CLVT mạch máu não đúng quy trình kỹ thuật, đảm bảo chất lượng hình ảnh; có hồ sơ bệnh án đầy đủ.

* *Tiêu chuẩn loại trừ:* BN đã được phẫu thuật hoặc can thiệp mạch máu

não; BN có các bệnh lý mạch máu não (phình, tách...).

2. Phương pháp nghiên cứu

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

* *Kỹ thuật chụp CLVT mạch máu não:*

- Theo quy trình kỹ thuật chụp CLVT dựng hình mạch máu não đang thực hiện tại Khoa X-quang chẩn đoán, Bệnh viện Quân y 103.

- Sử dụng máy CLVT 64 dãy, Ingenuity, hãng Philips, Hà Lan, với các thông số: Chụp xoắn ốc với độ dày lớp cắt 1mm, Pitch 1, thời gian 1 vòng quay là 0,5 giây, 120kV và 160mA.

- Đường truyền tĩnh mạch ở tĩnh mạch trụ trong tay phải.

- Chụp tiêm thuốc cản quang sử dụng kỹ thuật Bolus tracking, đặt ROI vào quai ĐM chủ, ngưỡng thuốc cản quang 150 - 170HU. Sử dụng thuốc cản quang Omnipaque 350mg/mL, liều 1,5 mL/kg cân nặng, tốc độ tiêm 4 mL/giây.

* *Phân tích hình ảnh:* Dữ liệu thu được sẽ truyền qua máy trạm Workstation (IntelliSpace Portal). Hình ảnh sẽ được phân tích bằng hai kỹ thuật là MIP và 3D Volume Rendering để đánh giá các chỉ tiêu nghiên cứu

* *Các biến số nghiên cứu:*

- Các biến đổi về kích thước: Một đoạn mạch được coi là hiện ảnh đầy đủ

khi đoạn mạch đó hiện rõ ràng trên phim chụp từ điểm đầu đến điểm cuối ít nhất trên hai mặt phẳng. Thiếu sản: Đối với các ĐM chính có đường kính trong < 1mm, các ĐM thông có đường kính trong < 0,5mm [3]. Bất sản: Đoạn mạch không xuất hiện trên cả hai kỹ thuật dựng hình [3].

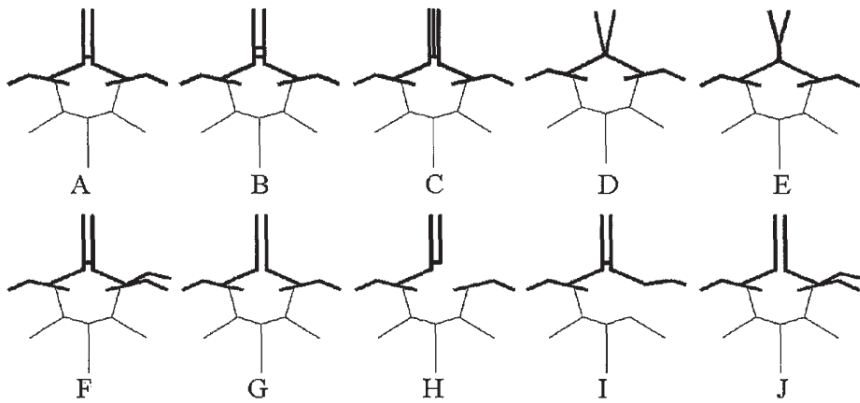
- Các biến đổi về hình dạng: Một thân mạch, hai thân mạch, nhiều thân mạch. Cửa sổ mạch: Khi lòng mạch tách thành hai ống rõ, có thể chung lớp vỏ ngoài.

- Phân loại các biến thể của đa giác Willis gồm biến thể vòng tuần hoàn trước, vòng tuần hoàn sau và toàn bộ vòng Willis, theo phân loại của Chen HW [4]:

+ Biến thể vòng tuần hoàn trước gồm 10 tếp, từ tếp A - J. Tếp A - F được xem là những tếp có vòng tuần hoàn trước đầy đủ.

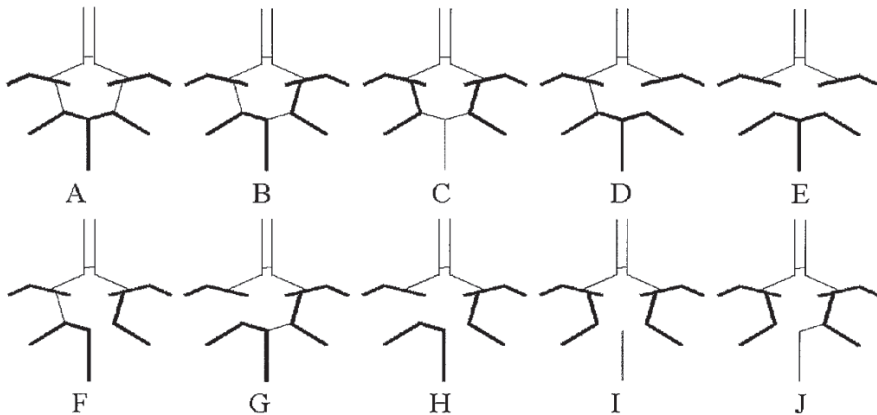
+ Biến thể vòng tuần hoàn sau gồm 10 tếp, từ tếp A - J. Tếp A - C được xem là vòng tuần hoàn sau đầy đủ.

+ Biến thể toàn bộ vòng Willis gồm đầy đủ, đầy đủ một phần và không đầy đủ. Vòng đa giác Willis đầy đủ khi cả hai vòng tuần hoàn trước và sau đầy đủ. Vòng đa giác Willis đầy đủ một phần khi một trong hai vòng tuần hoàn trước và sau đầy đủ. Vòng đa giác Willis không đầy đủ khi cả hai vòng tuần hoàn trước và sau không đầy đủ.



Hình 1. Minh họa các biến thể vòng tuần hoàn trước.

A: 1 ĐM thông trước; B: ≥ 2 ĐM thông trước; C: ĐM thể chai tách từ ĐM thông trước; D: Đoạn A2 của 2 ĐM não trước có chung một điểm; E: Thân chung 2 ĐM A2; F: Hai thân riêng biệt của ĐM não giữa tách từ ĐM cảnh trong; G: Thiếu sản hoặc bất sản ĐM thông trước; H: Thiếu sản hoặc bất sản nhánh A1; I: Thiếu sản hoặc bất sản ĐM cảnh trong; J: Thiếu sản hoặc bất sản ĐM thông trước, hai thân riêng biệt của ĐM não giữa.



Hình 2. Minh họa các biến thể vòng tuần hoàn sau.

A: 2 ĐM thông sau; B: Dạng bào thai 1 bên - 1 ĐM não sau nối với ĐM cảnh trong qua ĐM thông sau; C: Dạng bào thai 2 bên - 2 ĐM não sau nối với 2 ĐM cảnh trong qua 2 ĐM thông sau; D: 1 ĐM thông sau; E: Thiếu sản hoặc bất sản cả 2 ĐM thông sau; F: Dạng bào thai 1 bên - thiếu sản hoặc bất sản nhánh P1; G: Dạng bào thai 1 bên - thiếu sản hoặc bất sản ĐM thông sau đối diện; H: Dạng bào thai 1 bên - thiếu sản hoặc bất sản cả nhánh P1 và ĐM thông sau; I: Dạng bào thai 2 bên - thiếu sản hoặc bất sản cả 2 nhánh P1; J: Dạng bào thai 2 bên - thiếu sản hoặc bất sản 1 nhánh P1.

* *Xử lý số liệu:* Số liệu được xử lý bằng phần mềm SPSS 22.0. So sánh hai giá trị trung bình sử dụng test T - student (hai nhóm). So sánh tỷ lệ bằng test chi bình phương (χ^2). Sự khác biệt giữa các nhóm có ý nghĩa thống kê khi $p < 0,05$.

3. Đạo đức nghiên cứu

Nghiên cứu được thông qua Hội đồng Đạo đức trong nghiên cứu Y sinh học Bệnh viện Quân y 103. Quyết định số: 3653/QĐ-HVQY. Các thành viên nhóm nghiên cứu không có bất kỳ xung đột lợi ích nào.

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Đặc điểm chung của nhóm nghiên cứu

- 284 BN gồm 167 nam (58,8%) và 117 nữ (41,2%), tỷ lệ nam/nữ: 1,4/1.
- Tuổi trung bình $64,74 \pm 13,85$, thấp nhất 19 tuổi, cao nhất 95 tuổi. Nam $62,76 \pm 13,69$ tuổi, nữ $67,56 \pm 13,64$ tuổi.

2. Đặc điểm giải phẫu đa giác Willis

Bảng 1. Các loại biến thể giải phẫu trong đa giác Willis.

Các loại biến thể	Số BN (n = 284)	Tỷ lệ (%)
Phần trước đa giác Willis		
Thiếu sản đoạn A1 ĐM não trước	30	10,6
Bất sản đoạn A1 ĐM não trước	18	6,3
Thiếu sản ĐM thông trước	14	4,9
Bất sản ĐM thông trước	5	1,8
Phần sau đa giác Willis		
Thiếu sản ĐM thông sau	102	35,9
Bất sản ĐM thông sau	60	21,1
Thiếu sản đoạn P1 ĐM não sau	5	1,8
Bất sản đoạn P1 ĐM não sau	7	2,5
Dạng bào thai	70	24,6

Biến thể gặp nhiều nhất ở phần trước là thiếu sản đoạn A1 ĐM não trước (10,6%), ở phần sau là thiếu sản ĐM thông sau (35,9%).

Bảng 2. Tỷ lệ các týp biến thể thuộc phần trước và phần sau đa giác Willis.

Týp	Phần trước (n, %)	Phần sau (n, %)
Týp A	199 (70,1)	69 (24,3)
Týp B	3 (1,1)	20 (7)
Týp C	6 (2,1)	24 (8,5)
Týp D	10 (3,5)	79 (27,8)
Týp E	0 (0)	66 (23,2)
Týp F	0 (0)	4 (1,4)
Týp G	19 (6,7)	13 (4,6)
Týp H	47 (16,5)	0 (0)
Týp I	0 (0)	0 (0)
Týp J	0 (0)	9 (3,2)

Phần trước của đa giác Willis chủ yếu gặp dạng týp A (70,1%), týp H (16,5%) và týp G (6,7%). Biến thể gặp nhiều nhất của phần sau đa giác Willis là týp D (27,8%), týp A (24,3%) và týp E (23,2%).

Bảng 3. Đặc điểm hình dạng vòng đa giác Willis.

Đặc điểm	Phần trước (n, %)	Phần sau (n, %)	Toàn bộ (n, %)
Đầy đủ	218 (76,8)	113 (39,8)	89 (31,3)
Không đủ	66 (23,3)	171 (60,2)	195 (68,7)

Đa số phần trước đa giác Willis ở dạng đầy đủ (týp A - F), trong khi phần sau chủ yếu ở dạng không đầy đủ (týp D - J), khác biệt có ý nghĩa thống kê với $p < 0,05$. Toàn bộ vòng đa giác Willis đầy đủ chỉ gặp 31,3%.

Bảng 4. Mối liên quan giữa hình dạng vòng đa giác Willis với giới tính.

Hình dạng	Nam (n, %)	Nữ (n, %)	p
Đầy đủ	50 (56,1)	39 (43,9)	0,761
Không đủ	117 (60)	78 (40)	

Không có mối liên quan giữa đặc điểm hình dạng vòng đa giác Willis với giới tính, $p > 0,05$

BÀN LUẬN

1. Biến thể đa giác Willis

Trong nghiên cứu của chúng tôi, biến thể gặp nhiều nhất trong phần trước của đa giác Willis là thiếu sản đoạn A1 ĐM não trước, chiếm 10,6%, tiếp theo là bất sản A1 chiếm 6,3%. Thiếu sản và bất sản ĐM thông trước gặp lần lượt 4,9% và 1,8%. Ở phần sau đa giác Willis, chủ yếu gặp thiếu sản và bất sản ĐM thông sau, lần lượt 35,9% và 21,1%. Biến thể vòng tuần hoàn sau dạng bào thai (f-PCA) gặp trong 24,6%. Thiếu sản và bất sản đoạn P1 gặp ít hơn, lần lượt 1,8% và 2,5%. Các biến thể về hình thái gồm cửa sổ mạch và hai thân mạch không gặp trong các đối tượng của chúng tôi. Theo Hoàng Minh Tú [5], biến thể gặp nhiều nhất ở phần trước đa giác Willis là bất sản thông trước (21,57%), thiếu sản ĐM thông trước chiếm 3,92%, trong khi đó lại ít gặp biến thể thiếu sản và bất sản đoạn A1 ĐM não trước, lần lượt 1,96% và 1,96%. Trong phần sau, biến thể dạng bào thai (f-PCA) gặp trong 12,74%; bất sản ĐM thông sau gặp trong 31,37%, thiếu sản ĐM thông sau gặp 19,61%. Bất sản và thiếu sản ĐM não sau đoạn P1 chiếm lần lượt 5,88% và 1,96%. Như vậy, trong các biến thể phần sau, nghiên cứu

chúng tôi tương tự như Hoàng Minh Tú, trong khi các biến đổi phần trước có sự khác biệt nhau.

Theo Nguyễn Tuấn Sơn [3], các biến đổi được chia thành ba nhóm biến đổi: Kích thước - kích thước, kích thước - hình thái, hình thái - hình thái. Trong đó, nhóm thứ nhất chiếm 82,5% số dạng biến đổi, nhóm thứ hai chiếm 15%, nhóm thứ ba chiếm 2,5%. Xét về vị trí biến đổi, kiểu hay gặp nhất là hai biến đổi chiếm 62,5% số dạng biến đổi, kiểu ít gặp nhất là có 5 biến đổi cùng lúc ở một vòng ĐM não (2,5%). Dạng biến đổi có tần số gặp nhiều nhất trong các biến đổi đa biến là bất sản ĐM thông sau hai bên (8%).

Al Hussain [6] dựa vào đường kính các ĐM đã phân loại biến đổi vòng ĐM thành ba dạng bào thai, chuyển tiếp và người lớn. Đây là phân loại có vai trò quan trọng ứng dụng trên lâm sàng. Khi xác định được các dạng biến đổi của vòng Willis, đặc biệt là bán phần sau, chúng ta có thể xác định được máu cung cấp đến đoạn P2 của ĐM não sau xuất phát chủ yếu từ nguồn của hệ ĐM cảnh trong thông qua ĐM thông sau, hay từ hệ ĐM đốt sống thân nền qua đoạn P1 của ĐM não sau. Ở dạng bào thai, máu đến đoạn P2 chủ yếu từ nguồn ĐM cảnh trong thông qua ĐM thông sau. Ngược lại, ở dạng người lớn, máu đến đoạn P2 chủ

yếu từ hệ ĐM đốt sống - thân nên qua đoạn P1. Dạng chuyển tiếp, đoạn P2 sẽ nhận được máu từ cả hai nguồn động cảnh trong và ĐM thân nên, tùy theo áp lực máu từ hệ thống nào lớn hơn mà nhận lượng máu lớn hơn. Trên lâm sàng, khi xác định được dạng biến đổi này sẽ góp phần giúp các nhà lâm sàng có hướng tiên lượng và điều trị thích hợp cho BN bị bệnh lý liên quan đến mạch máu nội sọ, đặc biệt là bệnh lý tắc ĐM não.

2. Phân loại các biến thể của đa giác Willis theo Chen HW

Chen HW [4] phân loại các biến thể của đa giác Willis theo vòng tuần hoàn trước và vòng tuần hoàn sau, trong đó mỗi vòng tuần hoàn gồm 10 tít từ A - J. Trong vòng tuần hoàn trước đa giác Willis, nghiên cứu của chúng tôi bắt gặp 6 biến thể, đa số gặp ở dạng tít A, chiếm 70,1%, tiếp đến là tít H và G, lần lượt là 16,5% và 6,7%. Tít B, C và D gặp ít hơn, lần lượt là 1,1%, 2,1% và 3,5%. Các tít E, F, I và J không gặp trường hợp nào. Kết quả này tương đồng với các tác giả Machasio RM [7], Zaki SM [8]. Đa số các nghiên cứu chỉ ra các biến thể thường gặp ở vòng tuần hoàn trước là biến thể tít A, G và H. Các biến thể còn lại gặp tỷ lệ thấp trong các nghiên cứu, ngoại trừ tít F - không xuất hiện ở tất cả các nghiên

cứu được thống kê. Như vậy, mặc dù khác nhau về cỡ mẫu, phương tiện nghiên cứu và chủng tộc, nhưng có sự tương đồng về các biến thể ở vòng tuần hoàn trước trong các nghiên cứu.

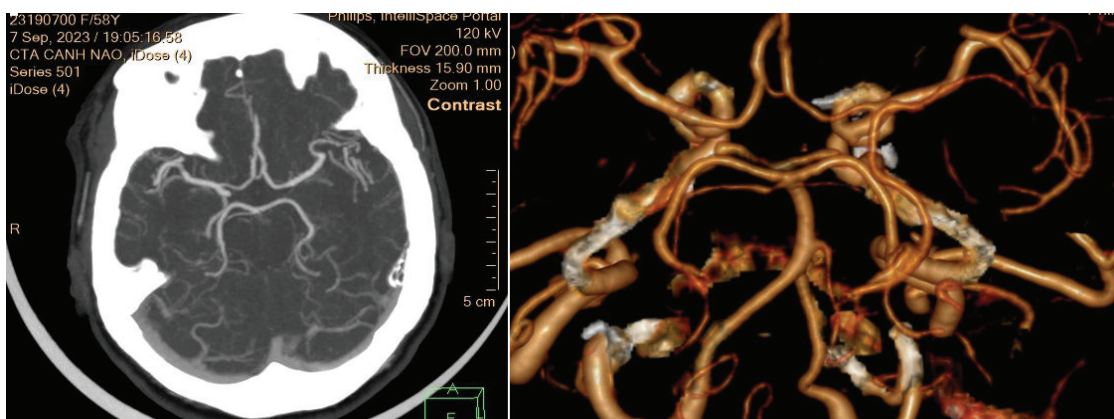
Trong phần sau đa giác Willis, có 8 biến thể xuất hiện trong nghiên cứu của chúng tôi, trong đó gặp chủ yếu ở tít D, chiếm 27,8%, sau đó là tít A với 24,3% và tít E là 23,2%. Các tít B và C có tỷ lệ gần tương đương nhau, lần lượt là 8,5% và 7%. Các tít F, G, H ít gặp hơn, lần lượt là 1,4%, 4,6% và 3,2%. Tít H và I không gặp trường hợp nào. Nhìn chung, các biến thể của vòng tuần hoàn sau đa dạng hơn so với vòng tuần hoàn trước của đa giác Willis. Các biến thể của vòng tuần hoàn sau có thể được cho là do sự phát triển nhanh của thùy thái dương trong giai đoạn phôi thai. Các biến thể tít D - H có đặc điểm là thiếu sản hoặc bất sản ĐM thông sau. Thiếu sản ĐM thông sau là một yếu tố góp phần tăng nguy cơ đột quy nhồi máu não, ngay cả khi không tắc ĐM trong [9].

Mối liên quan giữa hình dạng vòng đa giác Willis với giới tính: Trong nghiên cứu của chúng tôi, toàn bộ vòng Willis đầy đủ chiếm 31,3%, không đầy đủ là 68,7%; tỷ lệ ở nam giới cao hơn nữ giới ở cả 3 nhóm

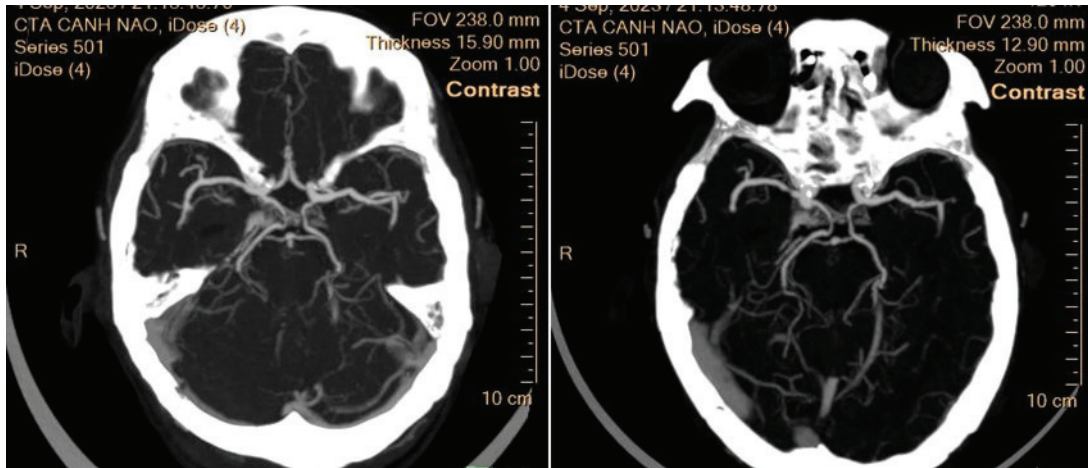
nhưng không có ý nghĩa thống kê với $p > 0,05$, tức là không có mối tương quan giữa hình dạng vòng Willis với giới tính. Kết quả của chúng tôi tương đồng với các tác giả Machasio RM [7] nghiên cứu ở Kenya, với toàn bộ vòng Willis đầy đủ là 37,2%, không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa nam và nữ. Tác giả Zaki SM [8] thực hiện ở Ai Cập cũng cho kết quả tương tự với toàn bộ vòng Willis đầy đủ là 28%, đầy đủ một phần 38% và không đầy đủ là 34%. Tuy nhiên, tỷ lệ vòng Willis đầy đủ thấp ở trong một nghiên cứu ở Trung Quốc (27%) và Sri Lankans (14,2%); tỷ lệ ở mức trung bình trong dân số ở Ấn Độ (45,2%) và tỷ lệ cao ở Nhật Bản (89,7%). Như vậy, có một ngưỡng rộng tỷ lệ của vòng Willis đầy đủ trên các chủng tộc khác nhau, có thể là do liên quan đến môi trường, yếu tố

gen, vùng miền và huyết động hoặc kết hợp những yếu tố này. Tỷ lệ vòng tuần hoàn trước đầy đủ (từ tít A - C) là 76,8%, vòng tuần hoàn sau đầy đủ (từ tít A - F) là 39,8%. Đối với vòng tuần hoàn trước, kết quả của chúng tôi cao hơn so với Zaki SM [8] là 66%, nhưng thấp hơn so với Machasio RM [7] là 84%. Tuy nhiên, vòng tuần hoàn sau đầy đủ có sự tương đồng giữa với hai tác giả trên, lần lượt là 39,4% và 38%.

Nghiên cứu của chúng tôi còn một số hạn chế. Nghiên cứu về biến thể giải phẫu tuy nhiên, số lượng chưa thật nhiều. Mặc dù nghiên cứu tiến hành trên cả nhóm BN có và không có đột quy nhồi máu não nhưng chúng tôi không có đủ dữ liệu lâm sàng do vậy chưa so sánh được đặc điểm hình ảnh ở hai nhóm BN này. Cần có nghiên cứu tiếp theo về nội dung này.



Hình 3. Biến thể tít A của phần trước kết hợp với tít E của phần sau (BN Chu Thị N, 58 tuổi, MBN 23190700).



Hình 4. Biến thể tít C ở phần sau đa giác Willis:
ĐM não sau dạng phôi thai hai bên và đoạn trước thông còn rõ
(BN Nguyễn Văn N, 79 tuổi, MBN 23188457).

KẾT LUẬN

Vòng tuần hoàn đa giác Willis có nhiều biến thể khác nhau. Đa số phần trước vòng Willis có hình dạng đầy đủ trong khi đa số phần sau có hình dạng không đầy đủ. Vòng đa giác có hình dạng đầy đủ chỉ chiếm tỷ lệ thấp ở những BN có và không có bệnh lý đột quỵ não. Không có mối liên quan giữa vòng có hình dạng đầy đủ với giới tính.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Karatas Ayse, Coban Gokmen, Cinar Celal et al. Assessment of the circle of Willis with cranial tomography angiography. *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental Clinical Research*. 2015; 21:2647.

2. Chuang Yu-Ming, Chan Lung, Lai Yen-Jun et al. Configuration of the circle of Willis is associated with less symptomatic intracerebral hemorrhage in ischemic stroke patients treated with intravenous thrombolysis. *Journal of Critical Care*. 2013; 28(2):166-172.

3. Nguyễn Tuấn Sơn. Nghiên cứu giải phẫu các động mạch não trên hình ảnh chụp cắt lớp vi tính 256 dãy. *Luận án tiến sĩ y học*. Trường Đại học Y Hà Nội. 2020.

4. Chen Hsin-Wen, Yen Pao-Sheng, Lee Chau-Chin et al. Magnetic resonance angiographic evaluation of circle of Willis in general population: A morphologic study in 507 cases. *中華放射線醫學雜誌*. 2004; 29(5): 223-229.

5. Hoang Tu-Minh, Huynh Trang Vo, Pham My-Viet. The variations in the circle of Willis on 64-multislice spiral computed tomography. *Trends in Medical Sciences*. 2022; 2(3).
6. Al-Hussain Saleh M, Shoter Ali M, Bataina Ziad M. Circle of Willis in adults. *Neurosciences Journal*. 2001; 6(4):209-212.
7. Machasio Roy Munialo, Nyabanda Rose, Mutala Timothy Musila. Proportion of variant anatomy of the Circle of Willis and association with vascular anomalies on cerebral CT angiography. *Radiology Research Practice*. 2019.
8. Zaki Sherif Mohamed, Shaaban Mohamed Hafez, Abd Al Galeel WA et al. Configuration of the circle of Willis and its two parts among Egyptian: A magnetic resonance angiographic study. *Folia Morphologica*. 2019; 78(4):703-709.
9. Chuang YM, Liu CY, Pan PJ, et al. Posterior communicating artery hypoplasia as a risk factor for acute ischemic stroke in the absence of carotid artery occlusion. *J Clin Neurosci*. 2008; 15(12):1376-1381.