

Nghiên cứu mối liên quan giữa đặc điểm vòng đa giác Willis với một số bệnh lý mạch máu não

Relationship between variants of the circle of Willis with cerebral artery diseases

Phùng Anh Tuấn^{1*} và Vũ Văn Sơn²

¹Bệnh viện Quân y 103,

²Học viện Quân y

Tóm tắt

Mục tiêu: Đánh giá mối liên quan giữa đặc điểm vòng đa giác Willis trên hình cắt lớp vi tính (CLVT) 64 dãy với một số bệnh lý mạch máu não. **Đối tượng và phương pháp:** 284 bệnh nhân khám và điều trị tại Bệnh viện Quân y 103 từ tháng 3/2023 đến tháng 01/2024, được chụp CLVT 64 dãy mạch não. So sánh các biến thể vòng đa giác Willis với tình trạng nhồi máu não và một số bệnh lý mạch máu não. **Kết quả:** Có 89 vòng đa giác Willis đầy đủ, 152 vòng đầy đủ một phần và 43 vòng không đầy đủ. Không có sự khác biệt tỷ lệ nhồi máu não, hẹp động mạch não, phình động mạch não và dị dạng thông động tĩnh mạch não ở các nhóm biến thể vòng đa giác Willis. **Kết luận:** Các biến thể vòng đa giác Willis không liên quan đến tình trạng nhồi máu và các bệnh lý mạch máu não.

Từ khóa: Đa giác Willis, biến thể, đột quỵ não, phình mạch, dị dạng thông động tĩnh mạch não.

Summary

Objective: The aim of this study is to evaluation the relationship between the variations of Willis circle found on 64-row detector CT with cerebral artery diseases. **Subject and method:** This is a cross-sectional study of 284 patients that were treated at 103 Military Hospital from Apr. 2023 to Jan. 2024 and were performed CTA by 64-row detector CT. The comparisons of the variations of Willis circle with stroke infarction status and cerebral artery diseases were performed. **Result:** The study included 89 complete, 152 partial-complete and 43 non-complete Willis circle configuration. There were no differences between the portion of infarction, stenosis, aneurysm and arteriovenous malformation in the variation groups. **Conclusion:** There were no association between the variations of Willis circle with the infarction and cerebral artery diseases.

Keywords: Willis circle, aneurysm, stroke, variation, arteriovenous malformation.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vòng đa giác Willis là một mạng lưới nối thông các nhánh động mạch (ĐM) vùng nền sọ. Cấu trúc một vòng đầy đủ gồm đoạn A1 của 2 ĐM não trước,

ĐM thông trước nối hai đoạn A1, đoạn P1 của 2 ĐM não sau và 2 ĐM thông sau nối ĐM cảnh trong với ĐM não sau. Tuy nhiên, các nghiên cứu đã cho thấy một vòng đa giác Willis đầy đủ như vậy chỉ chiếm tỷ lệ thấp. Những biến thể khác nhau của vòng đa giác Willis chiếm tới trên 50% các trường hợp¹. Các nghiên cứu cũng cho thấy những biến thể này có thể không gây ra triệu chứng nhưng cũng có thể dẫn đến các bệnh lý phình ĐM não, hẹp ĐM não và

Ngày nhận bài: 26/6/2024, ngày chấp nhận đăng: 15/7/2024

* Tác giả liên hệ: phunganhtuanbv103@gmail.com -

Bệnh viện Quân y 103

gây ra đột quỵ nhồi máu não^{2, 3}. Ở Việt Nam những nghiên cứu về nội dung này là rất ít. Hiện nay, sự phát triển của các thế hệ máy chụp cắt lớp vi tính (CLVT) đa dãy mới với tốc độ chụp nhanh, lớp cắt mỏng, nhiều công cụ tái tạo hình ảnh... cho phép đánh giá tình trạng mạch máu với độ chính xác tương đương tiêu chuẩn vàng là chụp mạch số hóa xóa nền (Digital Subtraction Angiography - DSA). Do vậy chúng tôi tiến hành nghiên cứu với mục tiêu: *Tìm hiểu mối liên quan giữa các biến thể vòng đa giác Willis được xác định trên chụp CLVT 64 dãy với một số bệnh lý mạch máu não.*

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Đối tượng

Gồm 284 bệnh nhân (BN) khám và điều trị tại Bệnh viện Quân y 103 từ tháng 03/2023 đến tháng 01/2024.

Tiêu chuẩn lựa chọn:

Các BN có triệu chứng nghi ngờ đột quỵ nhồi máu não.

Các BN với các bệnh lý khác nhau được chụp CLVT sọ não có tiêm cản quang, dựng hình mạch máu não.

Phim chụp CLVT mạch máu não có hình ảnh đảm bảo chất lượng.

Các BN có hồ sơ bệnh án đầy đủ.

Tiêu chuẩn loại trừ:

Các BN có bệnh lý sọ não kết hợp khác: Viêm não, u não...

Các BN đã được phẫu thuật sọ não hoặc can thiệp mạch máu não.

Các BN nhồi máu não cấp do tắc các ĐM lớn hoặc tắc mạn tính các ĐM não.

Các BN không đồng ý tham gia nghiên cứu.

2.2. Phương pháp

Thiết kế nghiên cứu: Nghiên cứu mô tả cắt ngang. Số liệu lấy theo hình thức tiến cứu.

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.

Thực hiện trên máy CLVT 64 dãy, nhãn hiệu Ingenuity, hãng Philips, Hà Lan, với các thông số: Chụp xoắn ốc với độ dày lớp cắt 5mm, Pitch 1, tốc độ vòng quay 0,5 giây, điện áp 120kV, 160mA.

Sử dụng thuốc cản quang omnipaque 350mg, liều 1,5ml/kg cân nặng, tốc độ tiêm 3,5ml/giây. Đường tiêm tĩnh mạch trụ trong tay phải.

Hình ảnh thì ĐM được thu nhận bằng kỹ thuật Bolus tracking, ROI đặt ở quai động mạch chủ, ngưỡng thuốc cản quang 120-150HU.

Tái tạo hình axial với độ dày 1mm. Sử dụng hình này, thực hiện kỹ thuật tái tạo MIP và 3D Volume Rendering để xác định hình ảnh ĐM não.

Các biến số nghiên cứu:

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 HW⁴.

Biến thể vòng tuần hoàn trước: Gồm 10 típ, từ típ A - J. Các típ A - F được coi là vòng tuần hoàn trước đầy đủ.

Biến thể vòng tuần hoàn sau: Gồm 10 típ, từ típ A - J. Các típ A - C được coi là vòng tuần hoàn sau đầy đủ.

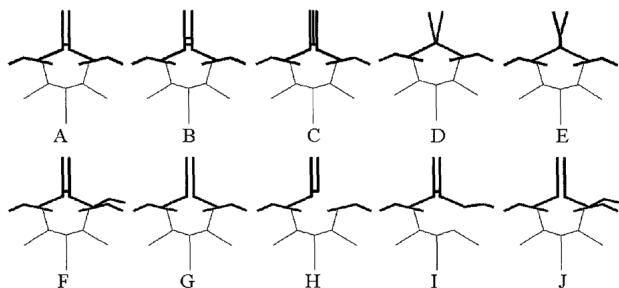
Biến thể toàn bộ vòng Willis: Gồm đầy đủ, đầy đủ một phần và không đầy đủ. Vòng đa giác Willis đầy đủ khi cả 2 vòng tuần hoàn trước và sau đầy đủ. Vòng đa giác Willis đầy đủ một phần khi chỉ có một trong hai vòng tuần hoàn trước và sau đầy đủ. Vòng đa giác Willis không đầy đủ khi cả 2 vòng tuần hoàn trước và sau không đầy đủ.

Tình trạng nhồi máu não: Bệnh nhân đang bị hoặc có tiền sử nhồi máu não do các bác sĩ Khoa Đột quỵ xác định.

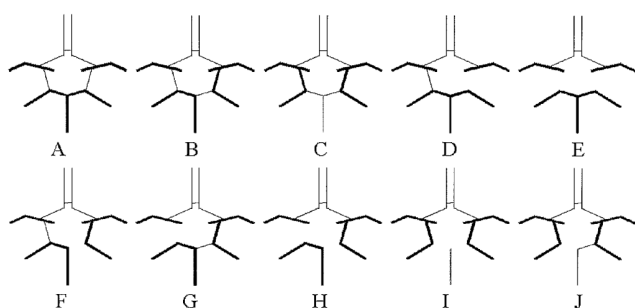
Hẹp ĐM: Các ĐM thân nền, ĐM cảnh trong được coi là ĐM não đến và xác định hẹp theo NASCET (North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial). Các ĐM não trước, ĐM não giữa, ĐM não sau được coi là ĐM não đi và xác định hẹp khi kích thước < 0,8mm hoặc không nhìn thấy⁵.

Phình ĐM: Thường có dạng hình túi ở một số vị trí xác định trên vòng Willis⁶. Ngoài ra còn có dạng hình thoi ở một số vị trí ít gặp khác.

Dị dạng thông động tĩnh mạch: Gồm ĐM nuôi dưỡng, một mạng lưới mạch máu dạng đám rối loạn sản (nidus) và tĩnh mạch dẫn lưu⁷.



Hình 1. Minh họa các biến thể vòng tuần hoàn trước đa giác Willis⁴



Hình 2. Minh họa các biến thể vòng tuần hoàn sau đa giác Willis⁴

Xử lý số liệu: Số liệu được xử lý bằng phần mềm SPSS 22.0. So sánh hai giá trị trung bình bằng Test T - Student. So sánh hai tỉ lệ bằng Test chi bình

phương (χ^2). Sự khác biệt giữa các nhóm có ý nghĩa thống kê khi $p < 0,05$.

2.3. Đạo đức nghiên cứu

Nghiên cứu đã 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.

III. KẾT QUẢ

3.1. 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 $64,74 \pm 13,85$ tuổi, thấp nhất 19 tuổi, cao nhất 95 tuổi. Tuổi trung bình của nam $62,76 \pm 13,69$ tuổi, nữ $67,56 \pm 13,64$ tuổi. Không có sự khác biệt về tuổi giữa nam và nữ, $p > 0,05$.

Trong số 284 BN có 182 BN nhồi máu não.

101 BN có hẹp ĐM thân nền hoặc ĐM cảnh trong. 134 BN có hẹp ĐM não trước, ĐM não giữa hoặc ĐM não sau. 40 BN có túi phình ĐM não. 15 BN có dị dạng thông động tĩnh mạch não.

Trong nghiên cứu có 89 vòng đa giác Willis đầy đủ, 152 vòng đa giác Willis đầy đủ một phần và 43 vòng đa giác Willis không đầy đủ.

Tỷ lệ các biến thể thuộc phần trước và phần sau đa giác Willis được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1. Tỷ lệ các biến thể thuộc phần trước và phần sau đa giác Willis

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

Nhận xét: Phần trước của đa giác Willis chủ yếu gặp dạng típ A (70,1%). Biến thể gặp nhiều nhất của phần sau đa giác Willis là típ D (27,8%).

3.2. Liên quan giữa đặc điểm vòng đa giác Willis với một số bệnh lý mạch máu não

Bảng 2. Liên quan biến thể đa giác Willis với nhồi máu não

Nhồi máu não	Đa giác Willis không đầy đủ (n = 43)	Đa giác Willis đầy đủ một phần (n = 152)	Đa giác Willis đầy đủ (n = 89)	p
Có (n, %)	27 (62,8)	93 (61,2)	62 (69,9)	0,409
Không (n, %)	16 (37,2)	59 (38,8)	27 (20,1)	

Nhận xét: Không có mối liên quan giữa biến thể vòng đa giác Willis với nhồi máu não.

Bảng 3. Liên quan biến thể đa giác Willis với hẹp các động mạch đến

Động mạch đến	Đa giác Willis không đầy đủ (n = 43)	Đa giác Willis đầy đủ một phần (n = 152)	Đa giác Willis đầy đủ (n = 89)	p
Không hẹp (n, %)	26 (60,4)	105 (69)	52 (58,4)	0,209
Có hẹp (n, %)	17 (39,6)	47 (31)	37 (41,6)	

Nhận xét: Không có mối liên quan giữa biến thể vòng đa giác Willis với hẹp ĐM đến.

Bảng 4. Liên quan giữa biến thể đa giác Willis với hẹp các động mạch đi

Động mạch đi	Đa giác Willis không đầy đủ (n = 43)	Đa giác Willis đầy đủ một phần (n = 152)	Đa giác Willis đầy đủ (n = 89)	p
Không hẹp (n, %)	21 (60,4)	86 (56,5)	43 (48,3)	0,394
Có hẹp (n, %)	22 (39,6)	66 (43,5)	46 (51,7)	

Nhận xét: Không có mối liên quan giữa biến thể vòng đa giác Willis với hẹp ĐM đi.

Bảng 5. Liên quan giữa biến thể đa giác Willis với phình mạch não

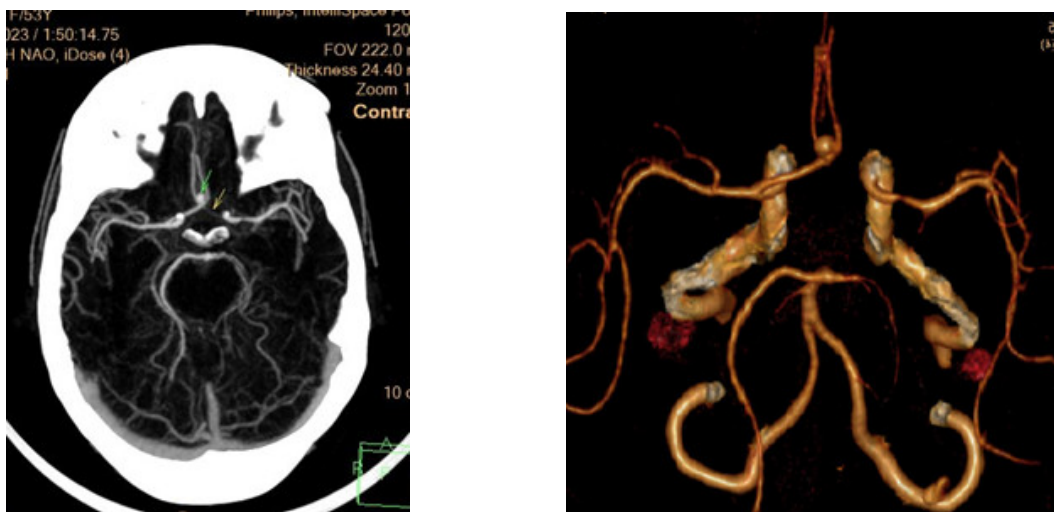
Phình mạch	Đa giác Willis không đầy đủ (n = 43)	Đa giác Willis đầy đủ một phần (n = 152)	Đa giác Willis đầy đủ (n = 89)	p
Không phình (n, %)	36 (83,7)	129 (84,8)	79 (88,7)	0,636
Có phình (n, %)	7 (16,3)	23 (15,2)	10 (11,3)	

Nhận xét: Không có mối liên quan giữa biến thể vòng đa giác Willis với phình mạch não.

Bảng 6. Liên quan giữa biến thể đa giác Willis với dị dạng động tĩnh mạch não

Dị dạng động tĩnh mạch não	Đa giác Willis không đầy đủ (n = 43)	Đa giác Willis đầy đủ một phần (n = 152)	Đa giác Willis đầy đủ (n = 89)	p
Không (n, %)	42 (97,6)	141 (92,7)	86 (96,6)	0,278
Có (n, %)	1 (2,4)	11 (7,3)	3 (3,4)	

Nhận xét: Không có mối liên quan giữa biến thể vòng đa giác Willis với dị dạng động tĩnh mạch não.

Hình minh họa từ nghiên cứu**Hình 3.** BN Trần Thị D, 53 tuổi, MBN: 23256351.

Túi phình ĐM thông trước (mũi tên xanh) kèm thiếu sản A1 trái (mũi tên vàng) và bất sản ĐM thông sau hai bên.

IV. BÀN LUẬN

Các biến thể vòng đa giác Willis có thể liên quan đến bệnh lý đột quỵ nhồi máu não. Trong một phân tích tổng hợp² với 2718 đối tượng nghiên cứu nhằm đánh giá mối tương quan giữa biến thể của đa giác Willis với nhồi máu não, Oumer M nhận thấy có mối liên quan giữa biến thể đa giác Willis với đột quỵ nhồi máu não (OR = 1,38; 95% CI: 0,87-2,19). Thiếu sản hoặc bất sản ĐM thông sau (OR = 1,34; 95% CI: 0,8-2,25) và ĐM thông trước (OR = 1,32; 95% CI: 0,81-2,19) là những yếu tố góp phần vào sự phát triển của đột quỵ nhồi máu não. Động mạch thông trước là một con đường tuần hoàn bên chính và là nguyên ủy của một số ĐM xuyên cung cấp máu cho vùng trước ngoài và sau trong của nhân đồi thị cũng như mặt dưới của đồi thị, cuống tiểu não và thể vú. Thiếu sản ĐM thông sau có liên quan đến nguy cơ đột quỵ nhồi máu não, ngay cả khi không có tắc ĐM cảnh trong. Vùng nhồi máu thường gặp nhất trong những trường hợp thiếu sản ĐM thông sau là nhồi máu lỗ khuyết vùng đồi thị cùng bên có hoặc không kèm theo nhồi máu thùy chẩm. Nghiên cứu của van Seeters T cũng cho thấy vòng tuần hoàn trước không đầy đủ kết hợp với vòng tuần hoàn sau không đầy đủ có liên quan đến nhồi máu thuộc vòng tuần hoàn trước⁸. Trong nghiên cứu của chúng

tôi, do đã loại trừ các BN nhồi máu não cấp do tắc các ĐM lớn hoặc tắc mạn tính các ĐM não nên đã xác định chính xác tỷ lệ các típ biến thể vòng tuần hoàn trước, vòng tuần hoàn sau cũng như tỷ lệ vòng đa giác Willis đầy đủ, đầy đủ một phần và không đầy đủ. Chúng tôi nhận thấy vòng đa giác Willis đầy đủ hoặc không đầy đủ không có liên quan với đột quỵ nhồi máu não, $p > 0,05$. Đồng thời, các biến thể của vòng Willis cũng không có mối liên quan với hẹp các ĐM đến và ĐM đi ($p > 0,05$). Kết quả chúng tôi tương đồng với nghiên cứu của Wholey M³. Các biến thể thiếu sản hoặc bất sản ĐM thông sau có làm tăng tỷ lệ đột quỵ nhồi máu não nhưng không có ý nghĩa thống kê. Tuy nhiên tác giả nhận thấy những trường hợp kết hợp biến thể thiếu sản/bất sản cả nhánh A1 và ĐM thông sau (đặc biệt là ĐM thông sau hai bên) có mối tương quan dương với đột quỵ. Trong nghiên cứu của mình, Varga A⁵ cho rằng có mối tương quan có ý nghĩa thống kê giữa biến thể đa giác Willis với đột quỵ nhồi máu não ($p = 0,002$). Hẹp ĐM cảnh trong có tỷ lệ cao hơn ở nhóm có thiếu sản hoặc bất sản A1 cùng bên ($p < 0,001$). Như vậy, có sự khác nhau về đánh giá liên quan giữa biến thể vòng đa giác Willis với tình trạng đột quỵ não trong các nghiên cứu. Điều này có thể do nghiên cứu tiến hành trên các nhóm đối tượng khác nhau. Nhìn chung, các biến thể vòng Willis đóng vai trò quan

trọng trong duy trì động học tưới máu não và mạng lưới tuần hoàn bên. Những trường hợp có tuần hoàn bên hiệu quả ít có nguy cơ phát triển nhồi máu não hơn so với những trường hợp có tuần hoàn bên không hiệu quả.

Các biến thể trong vòng Willis cũng có thể liên quan tới việc hình thành túi phình mạch. Tác giả Jin ZN¹ nghiên cứu hình ảnh CLVT mạch máu não ở Trung Quốc nhận thấy tỷ lệ phình mạch ở nhóm 281 BN có tiền sử gia đình đột quỵ não là 10,3%, cao hơn so với các nhóm khác. Tuy nhiên, tác giả không thấy có mối liên quan giữa phình mạch não với các biến thể đa giác Willis cũng như không có mối liên quan với tuổi và giới. Machasio RM⁹ nghiên cứu 94 trường hợp trên CLVT mạch máu não nhận thấy tỷ lệ vòng đa giác Willis đầy đủ là 37,2%, tỷ lệ gặp phình mạch não là 24,5%. Trong số các trường hợp phình mạch não, 69,6% phình ở vị trí vòng tuần hoàn trước, 78,3% có 1 phình và 21,7% có từ 2 phình trở lên. Tác giả cũng không thấy mối liên quan giữa biến thể đa giác Willis với phình mạch não ($p=0,438$). Tác giả Burlakoti A¹⁰ nghiên cứu 166 trường hợp trên CLVT mạch máu não, cho rằng phình mạch xảy ra theo sự thay đổi kích thước ĐM và các biến thể trong đa giác Willis. Những trường hợp có biến thể đa giác Willis làm tăng đòi hỏi tưới máu trong các phần cụ thể, thay đổi động học dòng chảy, gây tổn thương mạch máu liên quan và tạo thành phình mạch. Theo tác giả, những trường hợp có biến thể đa giác Willis cần được theo dõi thường xuyên và sàng lọc tìm phình mạch não. Trong nghiên cứu của chúng tôi, tỷ lệ phình mạch não chiếm 14,1% (40/284). Các phình mạch não trong nghiên cứu của chúng tôi đều không có triệu chứng. Đối với vòng Willis đầy đủ, tỷ lệ gặp phình mạch là 11,3%, vòng Willis không đầy đủ gặp 16,3% và vòng Willis đầy đủ một phần gặp 15,2%. Không có mối liên quan giữa các biến thể vòng đa giác Willis với phình mạch não ($p=0,636$).

Trong nghiên cứu của chúng tôi, tỷ lệ gặp dị dạng động tĩnh mạch não là 5,3% (15/284). Trong nhóm có vòng Willis đầy đủ, đầy đủ một phần và không đầy đủ, tỷ lệ dị dạng động tĩnh mạch não lần lượt là 3,4%; 7,3% và 2,4%. Cũng như phình mạch não, các trường hợp dị dạng thông động tĩnh mạch

não trong nghiên cứu của chúng tôi đều chưa có biến chứng. Không có mối tương quan giữa biến thể đa giác Willis với dị dạng động tĩnh mạch não, $p>0,05$. Trong nghiên cứu của Machasio RM⁹, tỷ lệ dị dạng động tĩnh mạch não là 8,5% (8/94), trong đó 62,5% gặp ở nhóm có vòng Willis không đầy đủ và 37,5% ở nhóm có vòng Willis đầy đủ. Tác giả không thấy có mối liên quan giữa biến thể đa giác Willis và dị dạng động tĩnh mạch não.

Nghiên cứu của chúng tôi còn có một số điểm hạn chế. Nghiên cứu về đặc điểm giải phẫu nên mặc dù đã thu nhận được 284 BN nhưng cỡ mẫu có lẽ vẫn chưa thật lớn. Nghiên cứu hình ảnh CLVT sọ não có tiêm thuốc, đối tượng nghiên cứu đều là những BN có triệu chứng thần kinh, không phải người khỏe mạnh bình thường. Kết quả do vậy chưa đại diện được cho người Việt Nam nói chung.

V. KẾT LUẬN

Nghiên cứu hình ảnh cắt lớp vi tính 64 dãy mạch não ở 284 bệnh nhân khám và điều trị tại Bệnh viện Quân y 103 từ 3/2023 đến tháng 01/2024, chúng tôi rút ra một số kết luận sau:

89 bệnh nhân có vòng đa giác Willis đầy đủ, 152 bệnh nhân có vòng đa giác Willis đầy đủ một phần và 43 bệnh nhân có vòng đa giác Willis không đầy đủ.

Không có mối liên quan giữa các biến thể vòng đa giác Willis với bệnh lý nhồi máu não.

Không có mối liên quan giữa các biến thể vòng đa giác Willis với hẹp động mạch đến, động mạch đi, phình mạch máu và dị dạng động tĩnh mạch não.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Jin ZN, Dong WT, Cai XW et al (2016) *CTA characteristics of the circle of Willis and intracranial aneurysm in a Chinese crowd with family history of stroke*. BioMed research international 1743494.
2. Oumer M, Alemayehu M, Muche A (2021) *Association between circle of Willis and ischemic stroke: A systematic review and meta-analysis*. BMC neuroscience 22(1): 1-12.
3. Wholey M, Nowak I, and Wu W (2009) *CTA and the Circle of Willis. Early use of multislice CTA to evaluate the distal internal carotid artery and the Circle of*

- Willis their correlation with stroke. Endovascular Today* 7: 33-44.
4. Chen HW, Yen PS, Lee CC et al (2004) *Magnetic resonance angiographic evaluation of circle of Willis in general population: A morphologic study in 507 cases.* Chin J Radiol 29: 223-229.
5. Varga A, Leo GD, Banga PV et al (2019) *Multidetector CT angiography of the Circle of Willis: Association of its variants with carotid artery disease and brain ischemia.* European Radiology 29: 46-56.
6. Brisman JL, Song JK, Newell DW (2006) *Cerebral aneurysms.* New Engl J Med 355: 928-939.
7. Mossa BM, Chen J, Gandhi D (2012) *Imaging of cerebral arteriovenous malformations and dural arteriovenous fistulas.* Neurosurg Clin N Am 23(1): 27-42.
8. van Seeters T, Hendrikse J, Biessels GJ et al (2015) *Completeness of the circle of Willis and risk of ischemic stroke in patients without cerebrovascular disease.* Neuroradiology 57: 1247-1251.
9. Machasio RM, Nyabanda R, and Mutala TM (2019) *Proportion of variant anatomy of the Circle of Willis and association with vascular anomalies on cerebral CT angiography.* Radiology Research Practice 6380801.
10. Burlakoti A, Kumaratilake J, Taylor DJ et al (2020) *Quantifying asymmetry of anterior cerebral arteries as a predictor of anterior communicating artery complex aneurysm.* BMJ Surgery, Interventions, Health Technologies 2(1): 000059.