

นิพนธ์ต้นฉบับ

การศึกษา Circle of Willis ในศพ 62 ราย

มีชัย ศรีใส*

สมัย กวีวงศ์ประเสริฐ* วิไล ชินธเนศ*

Sreesai M, Kawewongprasert S, Chentanez V. A study of the Circle of willis in 62 cadavers. Chula Med J 1985 Feb; 29 (2) : 213-225

The normal pattern of the Circle of Willis formed by two internal carotid arteries (ICA), the two anterior cerebral arteries (ACA) joined by a single anterior communicating artery (ACoA) and the two posterior cerebral arteries (PCA) joined to ICA by two posterior communicating arteries (PCoA), was found in 21 out of 62 specimens (33.9%). Variations in the anterior part of the Circle of Willis included a double ACoA in 17 cases (27.4%), a string-like ACoA in 11 cases (17.8%), a tripple ACoA in 1 case (1.6%), an absent ACoA in 1 case (1.6%), a string-like ACA (A_1 segment) in 3 cases (4.8%) and a tripple ACA in 2 cases (3.2%). Variations in the posterior part of the Circle of Willis included a string-like PCoA in 13 cases (21.0%), an absent PCoA in 1 case (1.6%) and a PCA originating from ICA in 10 cases (16.1%). Variations were so complex that specific types of Circle of Willis could not be categorised. The dimensions of the ICA and of the Circle of Willis were also studied.

* ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Circle of Willis เป็นวงจรของหลอดเลือดแดงอยู่ทางด้านล่างของสมองบริเวณ Diencephalon^(1,2) ซึ่ง Thomas Willis⁽²⁾ เป็นคนตั้งชื่อนี้เมื่อปี ค.ศ. 1664 Circle of Willis ประกอบด้วยหลอดเลือดแดง Anterior Cerebral (ACA) ขวาช้ายเชื่อมกันโดยหลอดเลือดแดง Anterior Communicating (ACoA), หลอดเลือดแดง Internal Carotid (ICA) ขวาช้าย และหลอดเลือดแดง Posterior Cerebral (PCA) ขวาช้ายแขนงของหลอดเลือดแดง Basilar (BA) ซึ่งเชื่อมกับ ICA โดยหลอดเลือดแดง Posterior Communicating (PCoA) ขวาช้าย

Hollinshed⁽¹⁾ กล่าวว่า 80% ของหลอดเลือดแดงที่ไปเลี้ยงสมอง มาจากระบบ Carotid จากการศึกษาการไหลเวียนของเลือดที่ไปเลี้ยงสมองโดยใช้ Electromagnetic Flow Meter, Roberts และคณะ⁽³⁾ พบว่า 90% ของเลือดที่ไปเลี้ยงสมองมาจากระบบ Carotid ที่เหลืออีก 10% มาจากระบบ Vertebro-Basilar Brain⁽⁴⁾ เชื่อว่า Circle of Willis ช่วยป้องกันมิให้สมองขาดเลือดมาเลี้ยง Alpers และ Berry⁽⁵⁾ ตั้งข้อสังเกตว่าปัญหาโรคหลอดเลือดของสมองน่าจะเกี่ยวกับความผันแปรของหลอดเลือดแดงที่ประกอบเป็น Circle of Willis ด้วย

มีรายงานการศึกษา Circle of Willis ไม่มากนัก. Hollinshed⁽¹⁾ อ้างรายงานของ Stopford และคณะ

ในปี ค.ศ. 1916 ตรงกับรายงานของ Alpers และคณะ⁽⁶⁾ ว่าความผันแปรที่ส่วนหน้าของ Circle of Willis พบได้บ่อยเช่น ACA มี 3 เส้น, ACA มีขนาดเล็กเท่าเส้นด้าย (String-like), ACoA มี 2 เส้น, 3 เส้นหรืออาจไม่มีเลยก็ได้ ความผิดปกติทางส่วนหลังของ Circle of Willis จากรายงานทั้งสองพบว่าอาจไม่มี PCoA หรือ PCoA มีขนาดเล็กเท่าเส้นด้าย และ PCA อาจมีต้นกำเนิดมาจาก ICA ก็ได้ การศึกษานี้จะสามารถบอกรูปแบบความผันแปรต่าง ๆ ของหลอดเลือดแดงดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางการศึกษาหลอดเลือดแดงที่มาเลี้ยงสมองต่อไป

วัตถุประสงค์และวิธีการ

ทำการศึกษาในสมองที่ได้จากศพบริจาคของภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แยกเก็บสมองในน้ำยา 10% formalin รวมจำนวนทั้งสิ้น 62 ตัวอย่าง โดยมีไตจำกัดเพศ, อายุหรือเชื้อชาติ ข้อมูลเกี่ยวกับความเจ็บป่วยก่อนเสียชีวิตของแต่ละตัวอย่างนั้นไม่สามารถหาได้แน่นอน ในทุกตัวอย่างได้ทำการชำแหละภายใต้กล้องขยาย 2 และ 4 เท่าตามลำดับ โดยเริ่มสำรวจจากหลอดเลือดแดง ICA ทั้งสองข้างเข้าสู่วงจร Circle of Willis โดยเน้นความสนใจที่รูปแบบ, องค์ประกอบ, ขนาด, การวางตัวตลอดจนแบบแผนการแตกแขนงหลักของมัน ในการศึกษาที่เราแบ่ง ACA ออกเป็น 2 ส่วนคือ A₁ เริ่มแต่จุดกำเนิดจาก ICA

ไปถึงจุดที่ประสานกับ ACoA และ A₂ ตั้งแต่ระดับ ACoA เป็นต้นไป ในทำนองเดียวกันก็แบ่ง PCA ออกเป็น 2 ส่วน คือ P₁ ตั้งแต่จุดกำเนิดจาก BA ไปจนถึงจุดประสานกับ PCoA และ P₂ ตั้งแต่ระดับ PCoA เป็นต้นไป (Figure 1 A) ในการศึกษาความผันแปรของหลอดเลือดแดงดังกล่าวอาศัยหลักของ Battacharji และคณะ⁽⁷⁾ ซึ่งให้ไว้ 3 ประการคือ (1) มีจำนวนมากกว่า 1 เส้น (2) มีจุดกำเนิดผิดปกติ และ (3) มีขนาดเล็กเท่าเส้นด้าย (String-like) โดยวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกได้น้อยกว่า 1 มม. ในการศึกษานี้ได้ทำการบันทึกภาพถ่ายในทุกตัวอย่างที่ศึกษา เพื่อประกอบการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย

ผลการศึกษา

1. ส่วนหน้าของ Circle of Willis

1.1 หลอดเลือดแดง Anterior Communicating (ACoA) จาก Table 1 ผลปรากฏว่า ACoA เดี่ยวขนาดปกติ (Figure 1 A) พบได้ 36 ตัวอย่าง จากจำนวน 62 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 58.1 ACoA จำนวน 2 เส้นพบได้ 17 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 27.4 ในจำนวน 62 ตัวอย่างมี ACoA ขนาดเล็ก (String-like) จำนวน 11 ตัวอย่าง (Figure 1 B,D) คิดเป็นร้อยละ 17.8 ACoA มีจำนวน 3 เส้น (Figure 1 E) พบได้ 1 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 1.6 และไม่ปรากฏมี ACoA (Figure 1 F) จำนวน 2 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 3.2 ความผันแปร

ของ ACoA ที่พบมากที่สุดคือ double ACoA (Figure 2 D-J) พบได้ร้อยละ 27.4

1.2 หลอดเลือดแดง Anterior Cerebral (A₁) จากผลการศึกษาใน Table 2 พบว่าหลอดเลือดแดง A₁ มีขนาดเล็ก (String-like) พบได้เพียง 3 ตัวอย่าง (Figure 3 A,F) จากจำนวน 62 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 4.8 ส่วน ACA มี 3 เส้น (Figure 3 B) พบได้ 2 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 3.2

2. ส่วนหลังของ Circle of Willis

2.1 หลอดเลือดแดง Posterior Communicating (PCoA) จากผลการศึกษาใน Table 3 พบ PCoA มีขนาดเล็ก (String-like) ข้างเดียว (Figure 3 C) จำนวน 12 ตัวอย่างจาก 62 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 19.4 PCoA มีขนาดเล็กทั้งสองข้าง (Figure 3 D) พบได้เพียง 1 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 1.6 รวมแล้วพบ PCoA มีขนาดเล็ก 13 จาก 62 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 21.0 กรณีที่ไม่ปรากฏ PCoA (Absent PCoA) พบได้ 1 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 1.6

2.2 หลอดเลือดแดง Posterior Cerebral (PCA) ปกติ PCA เป็นแขนงจากหลอดเลือดแดง basilar (BA) จากผลการศึกษาตาม Table 4 ในจำนวน 62 ตัวอย่างพบว่า PCA มีต้นกำเนิดจาก ICA ข้างเดียว (Figure 3 E) พบได้ 7 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ

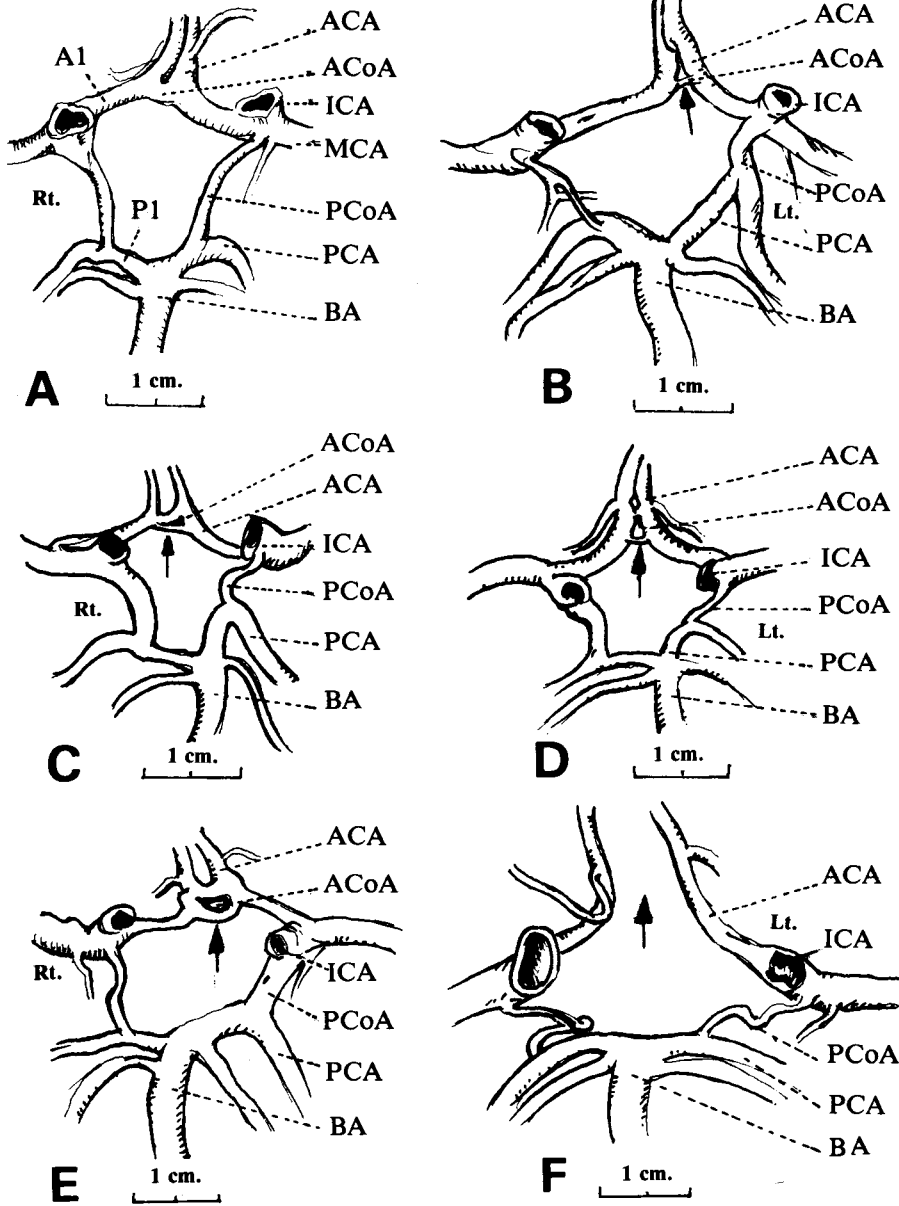


Figure 1 Diagrams of Circles of Willis A = Normal, B = Single String-like ACoA, C = Double ACoA, D = Double String-like ACoA, E = Tripple ACoA and F = Absent ACoA (The arrow indicates the variation).

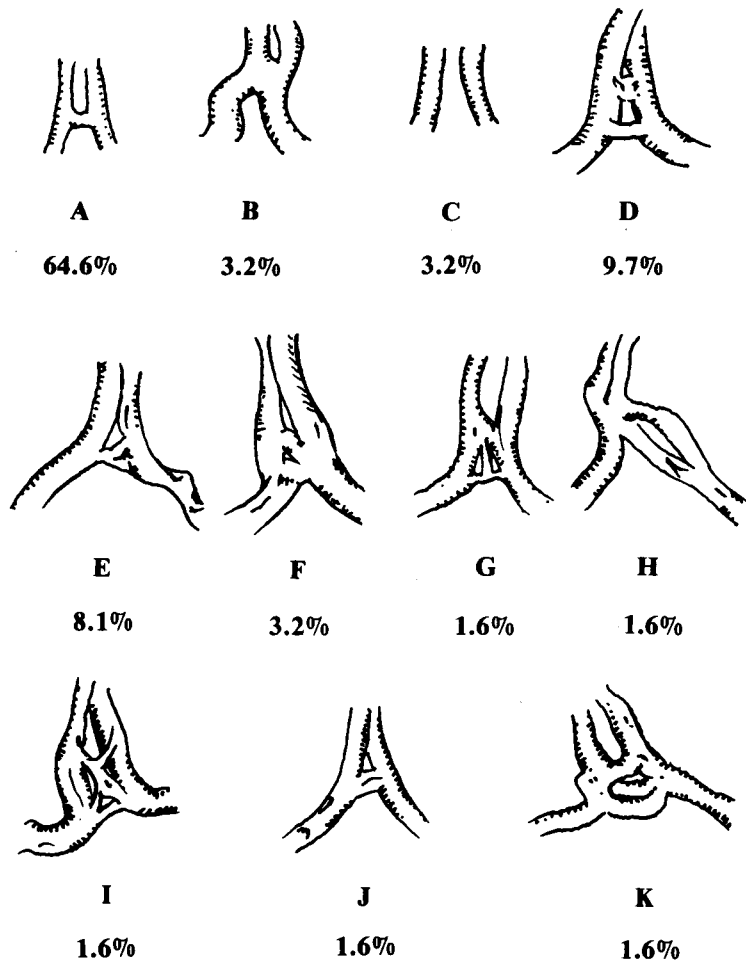


Figure 2 Diagram of Various Types of ACoA A,B = Normal single ACoA, C = Absent ACoA, D - J = Double ACoA and K = Tripple ACoA

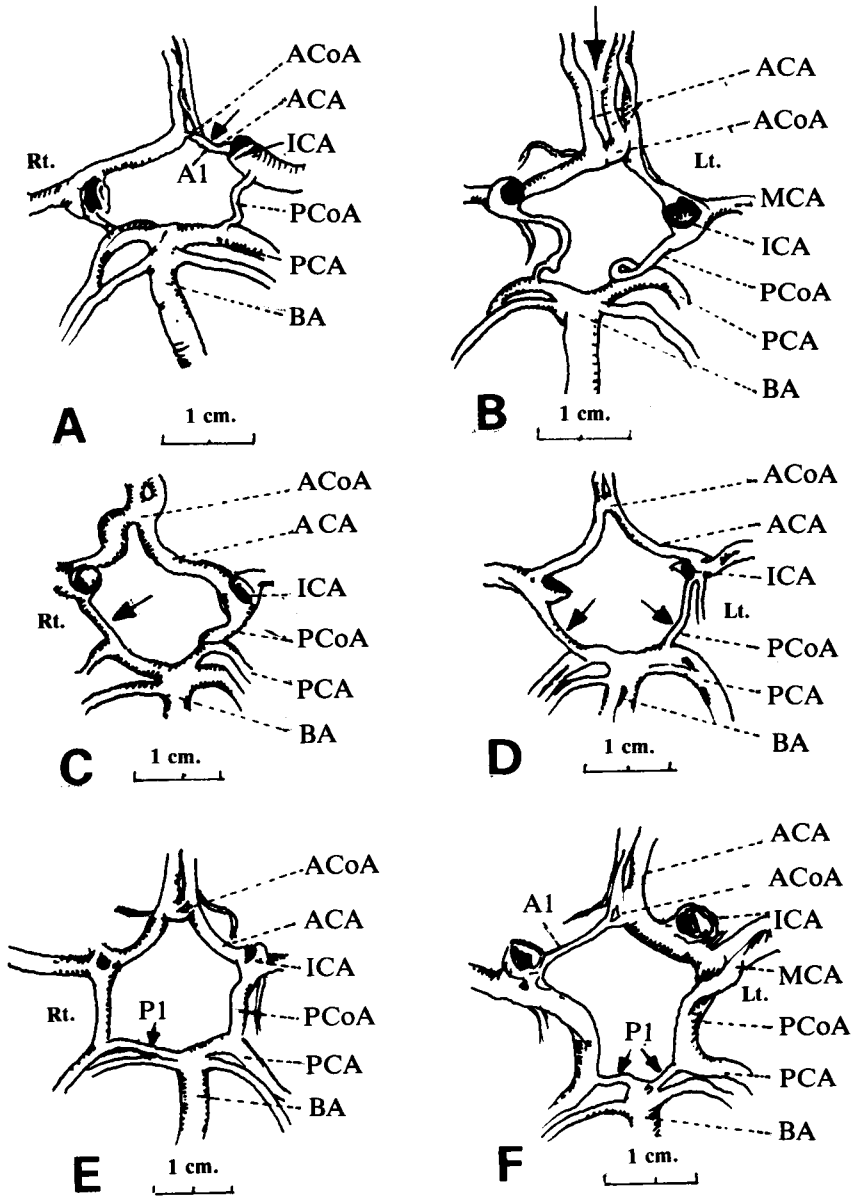


Figure 3 Diagrams of Circles of Willis A = String-like A₁, B = Triple ACA, C = String-like PCoA, D = Double String-like PCoA, E = PCA from ICA (Unilateral) and F = PCA from ICA (Bilateral) (The arrow indicates the variation).

Table 1 VARIATIONS OF ANTERIOR COMMUNICATING ARTERY (ACoA)

Type		No.	No. Specimens	%	
Single ACoA	Normal		36	58.1	67.8
	String-like		6	9.7	
Double ACoA	Normal		12	19.3	27.4
	String-like		5	8.1	
Tripple ACoA			1		1.6
Absent ACoA			2		3.2
Total			62		100.0

Table 2 VARIATIONS OF ANTERIOR CEREBRAL ARTERY (ACA)

Type		No.	No. Specimens	%
Normal			57	92.0
String-like A ₁	Right		1	4.8
	Left		2	
	Bilateral		0	
Tripple ACA			2	3.2
Total			62	100.0

Table 3 VARIATIONS OF POSTERIOR COMMUNICATING ARTERY (PCoA)

Type \ No.	No. Specimens	%	
Normal	48	77.4	
String-like PCoA	Right 6	19.4	21.0
	Left 6		
	Bilateral 1	1.6	
Absent PCoA	Right 1	1.6	
	Left 0		
Total	62	100.0	

Table 4 VARIATIONS OF POSTERIOR CEREBRAL ARTERY (PCA)

Type \ No.	No. Specimens	%	
Normal PCA (B.A. origin)	52	83.9	
PCA from Internal Carotid (ICA)	Right 5	11.3	16.1
	Left 2		
	Bilateral 3	4.8	
Total	62	100.0	

11.3 และ PCA มีต้นกำเนิดจาก ICA ทั้งสองข้าง (Figure 3 F) พบได้ 3 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 4.8 รวมแล้วพบ PCA มีต้นกำเนิดจาก ICA คิดเป็นร้อยละ 16.1

3. การศึกษาขนาดของหลอดเลือดแดง Internal Carotid (ICA)

จากการศึกษาโดยวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกของ ICA ที่จุดเริ่มต้นของ PCoA ได้ค่าเฉลี่ยของ ICA (Table 5) ข้างขวา 3.85 มม. ข้างซ้าย 4.17 มม. ค่าทั้งสองนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ค่า $p < 0.05$, Z-test ค่า $Z = 2.043$, ค่า $Z > 1.645$ มีนัยสำคัญทางสถิติ) แสดงว่า ICA ข้างซ้ายมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกมากกว่าข้างขวา

4. การศึกษาขนาดของ Circle of Willis (Table 6)

4.1 ความยาวของ ACoA วัดระยะห่างระหว่าง ACA ทั้งสองข้าง ตรงตำแหน่งรอยต่อระหว่าง A_1 กับ A_2 ได้ค่าเฉลี่ย 3.19 มม.

4.2 ความยาวของ A_1 วัดจากจุดกำเนิดของ ACA จาก ICA ไปยังจุดประสานกับ ACoA ได้ค่าเฉลี่ยข้างขวา 14.85 มม. ข้างซ้าย 13.42 มม. ซึ่งค่าทั้งสองนี้ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.002$ ใช้ Z-test, $Z = 2.878$)

4.3 ความยาวของ PCoA วัดจากจุดกำเนิดของ PCoA จาก ICA

ไปยังจุดประสานกับ PCA ได้ค่าเฉลี่ยข้างขวา 13.42 มม. ข้างซ้าย 11.72 มม. ซึ่งค่าทั้งสองนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.002$, ใช้ Z-test, $Z = 3.171$)

4.4 ความยาวของ P_1 วัดจากจุดกำเนิดของ PCA จาก BA ไปยังจุดประสานกับ PCoA ได้ค่าเฉลี่ยข้างขวา 6.05 มม. ข้างซ้าย 7.17 มม. ซึ่งค่าทั้งสองนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.005$, ใช้ Z-test, $Z = 2.932$)

4.5 Antero-Posterior Distance วัดระยะจากปลายของ BA (Basilar Tip) ไปยัง ACoA ได้ค่าเฉลี่ย 16.56 มม.

4.6 Transverse Distance วัดระยะระหว่างขอบของ ICA (ตรงจุดกำเนิดของหลอดเลือดแดง Middle Cerebral (MCA, Figure 1 A) ได้ค่าเฉลี่ย 20.13 มม.

วิจารณ์

การศึกษา circle of Willis จำนวน 62 ตัวอย่างในรายงานนี้พบว่า มีรูปแบบปกติ (Figure 1 A) จำนวน 21 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 33.9 เปรียบเทียบกับรายงานของ Alpers และคณะ⁽⁶⁾ และ Alpers และ Berry⁽⁵⁾ พบได้ร้อยละ 52.3 และ 52 ตามลำดับ ในรายงานนี้ พบความผันแปรทางส่วนหน้าของ

Table 5 DIAMETERS OF INTERNAL CAROTID ARTERY (ICA)

	Range (Min. - Max.) (m.m.)	\bar{X} (m.m.)	S.D.
Right ICA	1.7 - 5.5	3.85	0.81
Left ICA	2.5 - 6.3	4.17	0.93

Table 6 DIMENSIONS OF CIRCLE OF WILLIS

Dimension Parts	Range (Min. - Max.) (m.m.)	\bar{X} (m.m.)	S.D.
ACoA	0.0 - 13.6	3.19	2.24
A ₁ Segment	Right : 6.3 - 22.5	14.85	2.68
	Left : 7.5 - 20.0	13.42	2.76
PCoA	Right : 6.6 - 25.0	13.42	3.00
	Left : 5.0 - 19.0	11.72	2.89
P ₁ Segment	Right : 3.5 - 10.6	6.05	1.64
	Left : 4.0 - 16.0	7.17	2.52
AP Distance	10.3 - 30.0	16.56	3.89
Transverse Distance	12.0 - 34.0	20.13	3.50

Circle of Willis คือ double ACoA ร้อยละ 27.4 เทียบกับรายงานของ Stopford และคณะอ้างโดย Hollinshed⁽¹⁾ พบได้ร้อยละ 7-9 และรายงานของ Alpers และคณะ⁽⁶⁾ พบได้ร้อยละ 9 ข้อแตกต่างนี้อาจเป็นเพราะจำนวนตัวอย่างที่ใช้ศึกษาน้อยกว่า หรือไม่ทราบข้อมูลการเสียบสายในตัวอย่างที่ใช้ศึกษาก็เป็นได้ อย่างไรก็ตาม ในรายงานของ Alpers และ Berry⁽⁵⁾ พบ ACoA จำนวน 2 และ 3 เส้นถึงร้อยละ 17 ในรายงานนี้พบ String-like ACoA ถึงร้อยละ 17.8 เทียบกับรายงานของ Alpers และคณะ⁽⁶⁾ พบได้เพียงร้อยละ 3 เท่านั้น แต่การที่ไม่มี ACoA ในรายงานดังกล่าวพบร้อยละ 2 ส่วนรายงานนี้พบได้ร้อยละ 3.2 A_1 segment มีขนาดเล็ก (String-like) ในรายงานนี้พบได้ร้อยละ 4.8 เทียบกับรายงานของ Alpers และคณะ⁽⁶⁾ และ Alpers และ Berry⁽⁵⁾ พบได้ร้อยละ 2 และของ Battacharji⁽⁷⁾ พบได้ร้อยละ 1 ส่วน ACA มีสามเส้น (Tripple ACA) ในรายงานนี้พบได้ร้อยละ 3.2 เทียบกับรายงานของ Alpers และคณะ⁽⁶⁾ พบได้ร้อยละ 8 และ Stopford และคณะอ้างโดย Hollinshed⁽¹⁾ พบได้ร้อยละ 6

ความผันแปรทางส่วนหลังของ circle of Willis ในรายงานนี้ไม่พบ PCoA 1 ตัวอย่างคิดเป็นร้อยละ 1.6 เทียบกับรายงานของ Stopford และคณะอ้างโดย Hollinshed⁽¹⁾ พบได้ร้อยละ 8, Battacharji และคณะ⁽⁷⁾ ร้อยละ 7

และ Alpers และคณะ⁽⁶⁾ ร้อยละ 0.6 PCoA มีขนาดเล็ก (String-like PCoA) ในรายงานนี้พบร้อยละ 21 ใกล้เคียงกันกับรายงานของ Alpers และคณะ⁽⁶⁾ และ Alpers และ Berry⁽⁵⁾ พบได้ร้อยละ 22 แต่รายงานของ Battacharji และคณะ⁽⁷⁾ พบได้ร้อยละ 37 PCA มีต้นกำเนิดจาก ICA ในรายงานนี้พบได้ร้อยละ 16.1 ใกล้เคียงกับรายงานของ Stopford และคณะอ้างโดย Hollinshed⁽¹⁾, Alpers และคณะ⁽⁶⁾, Alpers และ Berry⁽⁵⁾ และ Battacharji⁽⁷⁾ ซึ่งพบได้ร้อยละ 12, 15, 15 และ 18 ตามลำดับ

การศึกษาขนาดของ circle of Willis พบว่า ICA ข้างซ้ายมีขนาดโตกว่า ICA ข้างขวาซึ่งความแตกต่างนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ อาจบ่งว่าปริมาณของเลือดแดงที่ไปเลี้ยงสมองซีกซ้ายมากกว่าซีกขวา นอกจากนี้ยังพบว่า circle of Willis มีระยะตามขวาง (Transverse distance) มากกว่าระยะจากหน้าไปหลัง (AP distance), P_1 ข้างซ้ายยาวกว่าข้างขวา และ A_1 , PCoA ข้างขวายาวกว่าข้างซ้าย ซึ่งความแตกต่างดังกล่าวนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่อาจบ่งถึงความสำคัญของลักษณะดังกล่าวได้

สรุป

ความผันแปรของ circle of Willis พบได้มากทางส่วนหน้ามากกว่าส่วนหลัง ความผิดปกติดังกล่าวที่พบได้ คือหลอดเลือด

ACoA, A₁, PCoA มีขนาดเล็ก (String-like), ACoA มีจำนวน 2 และ 3 เส้น และ PCA มีต้นกำเนิดมาจาก ICA รวมทั้งไม่พบ ACoA และ PCoA ด้วย ซึ่งความผันแปรดังกล่าว น่าจะเกิดในขณะที่มีการเจริญเติบโตในครรภ์⁽⁸⁾ อย่างไรก็ตาม ความผิดปกติทางส่วนหน้าและส่วนหลังของ Circle of Willis ก็พบเกิดร่วมกันได้ ทำให้ยากแก่การที่จะจำแนกรูปแบบต่าง ๆ ของ Circle of Willis ให้จำเพาะลงไป เนื่องจากความผันแปรของหลอดเลือดต่าง ๆ มีลักษณะซับซ้อนมาก ประมาณ 2 ใน 3 ของตัวอย่างที่ใช้ศึกษา

พบว่ามีความผันแปรของหลอดเลือดที่ประกอบเป็น Circle of Willis. ดังนั้นโอกาสที่อาจจะเกิดพยาธิสภาพของหลอดเลือดแดงในสมองจึงเป็นไปได้มาก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ร.ศ. นพ. ลูฉินต์ อึ้งถาวร หัวหน้าภาควิชากายวิภาคศาสตร์ที่สนับสนุนให้ทำการวิจัยเรื่องนี้ ขอขอบคุณอาจารย์ นพ. พิสนธ์ จงตระกูล ภาควิชาเภสัชวิทยา ที่ช่วยวิเคราะห์ข้อมูล และ น.ส.พ. วิพล รัชตะพงศ์ธร ที่ช่วยเขียนภาพ

อ้างอิง

- Hollinshed WH. Anatomy for Surgeons. Vol. I The Head and Neck. 3 ed. New York : Harper and Row, 1982. 32-45
- Moore KL. Clinically Oriented Anatomy. Philadelphia : WB Saunders, 1980. 949
- Roberts B, Hardesty WH, Holling HE, Reivich M, Toole JF. Studies on extracranial cerebral blood flow. Surgery 1964 Apr ; 56(4) : 826-833
- Brain R. Order and disorder in the cerebral circulation. Lancet 1957 Nov 2; 2(7001): 857-862
- Alpers BJ, Berry RG. Circle of Willis in cerebral vascular disorders. Arch Neurol (Chicago) 1963 Apr; 8(4): 398-402
- Alpers BJ, Berry RG, Paddison RM. Anatomical studies of the circle of Willis in normal brain. Arch Neurol Psychiat 1959 Apr ; 81(4): 409-418
- Battcharji SK, Hutchinson EC, McCall AJ. The circle of Willis the incidence of developmental abnormalities in normal and infarcted brains. Brain 1967 ; 90 : 747-758

8. Milenkovic Z. Anastomosis between internal carotid artery and anterior cerebral artery with other anomalies of the circle of Willis in a foetal brain. J Neurosurg 1981 Nov ; 55 (5) : 701-703

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วิทยาสารไต่รับต้นฉบับเมื่อวันที่ 8 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2527