

## Variasi Anatomi Circulus Arteriosus Willis

Handy Winata

Staf Pengajar Bagian Anatomi Fakultas Kedokteran Ukrida  
Alamat Korespondensi : Jl. Arjuna Utara No.6 Jakarta 11510  
E-mail: handywinata19@gmail.com

### Abstrak

Circulus arteriosus Willis (CW) merupakan suatu lingkaran anastomosis berbentuk cincin yang terletak di fossa ossa interpeduncularis basis crani, berfungsi untuk mendistribusikan darah yang masuk melalui arteri carotis interna dan arteri vertebralis ke setiap bagian dari kedua hemispherium cerebri. Dari empat studi yang berlainan semua menunjukkan adanya variasi atau anomali dari CW. Variasi yang banyak ditemukan pada studi yang ada pada artikel ini adalah suatu keadaan hipoplasia pada pembuluh darah. Berbagai tipe variasi dari komponen CW yang banyak ditemukan adalah arteri communicans anterior.

**Kata kunci :** *Circulus arteriosus Willis, variasi*

### *Anatomy Variation of Circulus Arteriosus Willis*

#### Abstract

*Circulus arteriosus Willis (CW) is a circular ring-shaped anastomosis located in the fossa ossa interpeduncularis skull base, serves to distribute the incoming blood through the arteri carotis interna and vertebral artery into every part of the both hemispherium cerebri. From four different studies, all of them showed variations or anomalies of CW. All of variation which found in many existing studies on this article are hipoplasia of the blood vessels. Various types of variations of CW components commonly found is communicans anterior artery.*

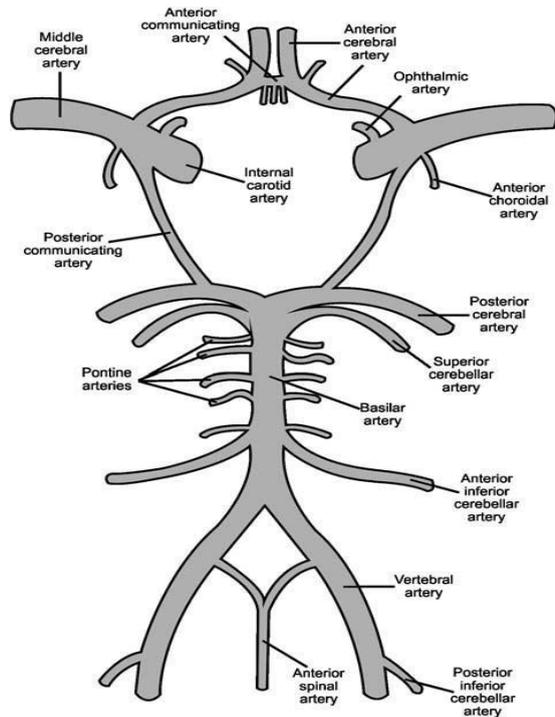
**Key words:** *Circle arterosus Willis, variation*

#### Pendahuluan

Otak memiliki berat sekitar 2,5% dari berat tubuh dan menerima sekitar seperenam curah jantung dan seperlima oksigen yang dikonsumsi oleh tubuh. Aliran darah ke otak berasal dari arteri carotis interna dan arteri vertebralis yang terletak di dalam spatium subarachnoid.<sup>1</sup> Arteri carotis interna (ACI) dan percabangannya secara klinis memegang

sirkulasi anterior otak, sedangkan arteri vertebralis dekstra dan sinistra akan menyatu pada batas caudal pons membentuk arteri basilaris dan memegang sirkulasi posterior otak.<sup>1</sup>

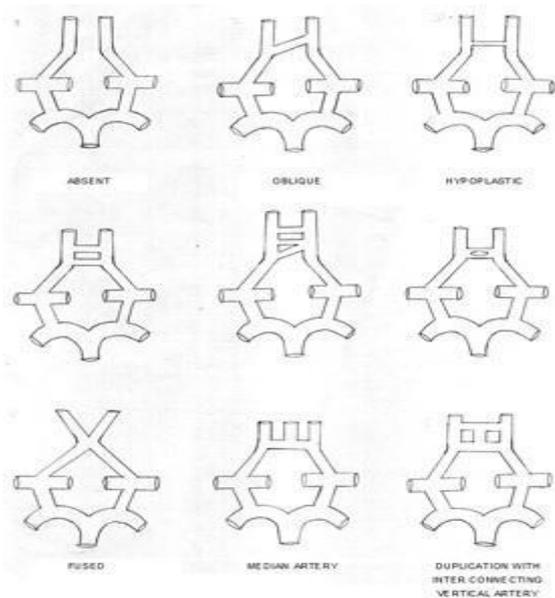
Ketiga arteri di atas akan saling beranastomosis membentuk suatu lingkaran berbentuk cincin yang disebut *the circle of Willis* (Circulus arteriosus Willis (CW)) (Gambar 1).<sup>1,2</sup>



Gambar 1. Anatomi dari CW.<sup>2</sup>

Beberapa studi menunjukkan seringnya ditemukan variasi-variasi dari arteri pembentuk CW, seperti arteri comunicans anterior (ACoA) tidak terbentuk, kedua arteri cerebri anterior (ACA) berasal dari sebuah ACI, arteri comunicans posterior (ACoP) terbentuk sangat kecil pada satu sisi, kedua sisi, atau tidak sama sekali, arteri cerebri posterior (ACP) pada satu sisi berasal dari

ACI, ACP pada kedua sisi berasal dari ACI.<sup>3</sup> Dan yang juga banyak ditemukan selain tidak terbentuknya ACoA seperti yang ditulis di atas, arteri ini juga menunjukkan banyak variasi, seperti duplikasi, triplikasi, posisi arteri yang melintang, adanya arteri median di tengah ACoA, atau terjadi penggabungan dari ACA yang merupakan pembentuk ACoA sehingga berbentuk huruf X (Gambar 2).<sup>1,4</sup>



Gambar 2. Variasi dari ACoA.<sup>4</sup>

Beberapa studi anatomi dan radiologi menunjukkan lebih dari 50% subjek kontrol manusia yang sehat didapatkan variasi anatomi dari CW.<sup>5</sup>

**Circulus Arteriosus Willis**

CW diperkenalkan pertama kali sekitar 400 tahun lalu oleh Thomas Willis, yang menggambarkan lingkaran arteri di bagian dasar otak sebagai akibat kompensasi dari oklusi arteri.<sup>2</sup> Circulus ini terletak di dalam fossa interpeduncularis basis cranii dan berfungsi untuk mendistribusikan darah yang masuk melalui ACI dan A. vertebralis ke setiap bagian dari kedua hemispherium cerebri.<sup>1</sup>

Normalnya, CW dimulai dari ACI yang bercabang di sebelah medial dari fissura Sylvii ke arah anterior dan membentuk A. cerebri medial. ACA kanan dan kiri dihubungkan pada bagian anterior dari fissura longitudinal oleh ACoA. Selanjutnya A. basillaris yang berasal dari A. vertebralis kanan dan kiri akan bercabang pada perbatasan pons dan mesencephalon menjadi ACP kanan dan kiri, yang nantinya arteri ini akan

dihubungkan secara ipsilateral oleh ACoP menuju ACI (Gambar 1).<sup>4,5</sup>

**Beberapa Studi Variasi CW**

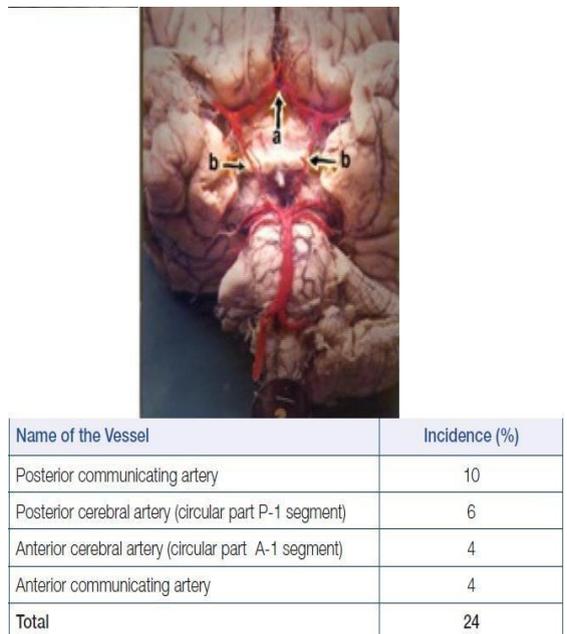
Dari beberapa literatur didapatkan beberapa variasi dari pembuluh darah yang membentuk CW.

**Studi terhadap 50 Kadaver.<sup>5</sup>**

Studi terhadap 50 kadaver yang dipilih secara random dan diotopsi, 24 kadaver didapatkan normal sedangkan 26 kadaver didapatkan adanya anomali.

Dari anomali CW yang paling sering ditemukan adalah hipoplasia dari satu atau lebih komponen pembentuk circulus tersebut. Suatu arteri disebut hipoplasia apabila didapatkan diameter luar dari arteri kurang dari 1 mm, kecuali untuk arteri communicans yaitu kurang dari 0.5 mm. Pembuluh darah yang mengalami hipoplasia baik sendiri maupun kombinasi dari anomali lain dalam 12 CW adalah 24%.

Pembuluh darah yang paling banyak mengalami hipoplasia adalah ACoP, diikuti oleh ACP, ACA dan ACoA (Gambar 3).



**Gambar 3. Hipoplasia ACoP dan Anterior Serta Insidens Pembuluh Darah yang Mengalami Hipoplasia.<sup>5</sup>**

Pada studi ini bentuk duplikasi atau triplikasi dari pembuluh darah pembentuk CW ditemukan pada 6 circulus yaitu 12%, sebagian besar duplikasi muncul pada ACoA sebesar 8% (Gambar 4) dan 4% pada ACA.

Munculnya pembuluh darah tambahan dari ACoA (yang pada sumber disebut sebagai triplikasi dari ACA) ditemukan sebanyak 4%, yaitu pada 2 circulus (Gambar 5).



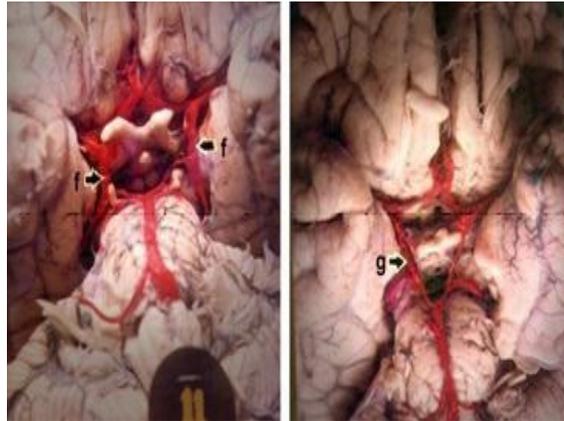
**Gambar 4. Duplikasi ACoA.<sup>5</sup>**



**Gambar 5. Munculnya Pembuluh Tambahan di ACoA.<sup>5</sup>**

Anomali dari asal cabang ACP juga ditemukan pada studi ini, dimana ACP dipercabangkan dari ACI tanpa dihubungkan oleh ACoP, kejadian ini muncul pada 5 circulus yaitu 10%. Pembuluh ini diteruskan

ke A. basilaris oleh pembuluh communicans yang kecil dan muncul secara simetris dan bilateral pada 2 circulus yaitu 4%, juga ditemukan unilateral pada 3 circulus yaitu 6% (Gambar 6).



**Gambar 6. ACP berasal dari ACI.<sup>5</sup>**

Anomali yang paling jarang pada studi ini adalah menghilangnya satu atau kedua ACoP. Menghilangnya kedua arteri ini ditemukan pada tiga circulus yaitu 6%. Sedangkan menghilangnya ACoA pada studi ini tidak ditemukan.

Dari total 50 circulus pada studi ini, 12 circulus (24%) ditemukan anomali dari satu komponen pembuluh. Anomali multiple ditemukan pada 14 circulus (28%), dimana terdapat dua anomali sebanyak 20% dan lebih dari dua anomali ditemukan sebanyak 8%. Antara anomali multipel, hipoplasia dari ACoP biasa diikuti oleh asal cabang ACP yang salah dan duplikasi dari ACoA.

**Studi terhadap 100 Kadaver.<sup>4</sup>**

Dari 100 kadaver (48 perempuan dan 52 laki-laki), pola normal dari ACoA ditemukan pada 62 kadaver. Variasi ACoA termasuk juga yang menghilang, didapatkan pada 38 kadaver dengan jumlah dan beberapa bentuk ditemukan berbeda pada masing-masing jenis kelamin (Gambar 7).

Pada 100 kadaver, yang benar-benar menghilang didapatkan pada 8 kadaver (4 perempuan dan 4 laki-laki) (Gambar 8).

Dalam beberapa kasus ditemukan a. median anterior cerebri dari ACoA dan masuk ke dalam fissura medial (Gambar 8).

Variations	Male	Female	Total
Absence	4	4	8
Duplication	7	3	10
Triplication	1	0	1

**[Table/Fig-1]: Variations in the numbers anterior communicating artery**

Variations	Male	Female	Total
Oblique course	2	0	2
Median artery	0	1	1
In fissure	0	2	2

**[Table/Fig-2]: Variations in the course anterior communicating artery**

Variations	Male	Female	Total
Hypoplastic	4	2	6
Plexiform	1	2	3
Dimple	1	1	2
Fusion	0	3	3

**[Table/Fig-3]: Variations in the form of anterior communicating artery**

**Gambar 7. Berbagai Bentuk Variasi ACoA.<sup>4</sup>**



**Gambar 8. Menghilangnya ACoA dan a.Median Muncul dari ACoA.<sup>4</sup>**

Pada 2 kadaver laki-laki, ACoA didapatkan oblik atau melintang dimana ujung akhir dari ACoA sebelah kiri lebih tinggi dari sebelah kanan (Gambar 9).

Diameter ACoA yang kurang dari 1 mm yang disebut sebagai suatu hipoplasia didapatkan pada 4 kadaver laki-laki dan 2 kadaver perempuan (Gambar 9).

Duplikasi dari ACoA, dimana dua arteri terbentang secara paralel satu sama lain, ditemukan pada 10 kadaver, yaitu 7 laki-laki dan 3 perempuan (Gambar 9). Pada kadaver laki-laki, dua ACoA kadang ditemukan menyambung satu sama lain. Dalam satu kasus, duplikasi bisa membentuk huruf Y dan huruf V, dimana dua ACoA bergabung berbentuk satu trunkus.



**Gambar 9. ACoA dengan Posisi Oblik dan Hipoplasia.<sup>4</sup>**

Triplikasi dari ACoA ditemukan hanya pada satu kadaver laki-laki, dimana dua arteri paralel satu sama lain, tetapi arteri ketiga

terletak oblik atau melintang. Ketiga arteri tersebut terlihat kecil atau hipoplasia terutama pada ACoA yang ketiga (Gambar 10).



**Gambar 10. Duplikasi dan Triplikasi ACoA.<sup>4</sup>**

Sebuah berkas dari jaringan yang saling terhubung antara ACA kanan dan kiri juga ditemukan pada 1 kadaver laki-laki dan 2 kadaver perempuan (Gambar 11).

Pada 1 kadaver perempuan, permukaan pada ACoA memperlihatkan suatu

lesung atau lekuk kecil yang dalam formasi embriologi menunjukkan usaha untuk duplikasi (Gambar 11). Sedangkan pada kadaver laki-laki ACoA bercabang menjadi dua dengan distal dari permukaan cabang tersebut memperlihatkan adanya lesung



**Gambar 11. Plexiform dan Pembentukan Lesung dari ACoA.<sup>4</sup>**

Dalam beberapa kasus, ACA kanan dan kiri tidak disambungkan dengan ACoA, kedua ACA tersebut berdekatan dan menempel, membentuk semacam fistula di antaranya. Variasi ini ditemukan pada 3 kadaver perempuan.

Pada satu kasus, ACoA menunjukkan duplikasi secara vertical yang saling menyambung dan dipisahkan dengan 2 celah atau fissura kanan dan kiri (Gambar 2).

#### Studi terhadap 225 Kadaver

225 kadaver (184 laki-laki dan 41 perempuan) yang telah difiksasi 10% formalin dengan usia antara 18 tahun sampai 73 tahun yang meninggal bukan karena hal yang berhubungan dengan otak. Dari studi ini didapatkan CW yang normal sebanyak 32

(14%), hipoplasia ACoA 32 (14%) dimana pada studi ini suatu pembuluh darah dianggap hipoplasia jika diameter kurang dari 1 mm, unilateral hipoplasia ACoP 26 (11.5%), Unilateral ACoA dan ACoP sebanyak 15 (7%), bilateral hipoplasia ACoP sebanyak 52 (23%), Bilateral hipoplasia ACoA dan ACoP sebanyak 37 (16%).<sup>6</sup>

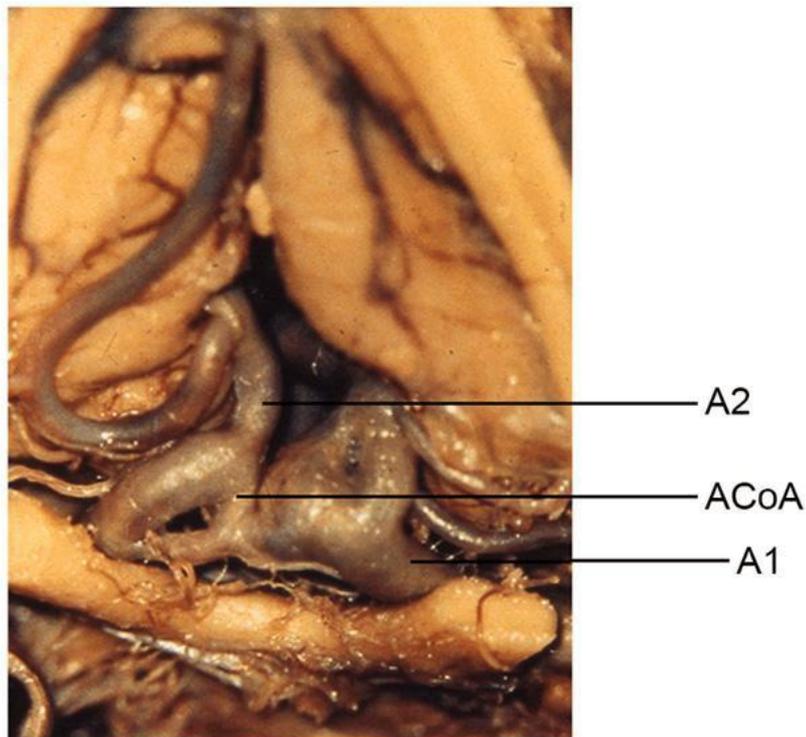
#### Studi terhadap 45 Kadaver

45 kadaver berasal dari orang dewasa china yang berusia sekitar 18 tahun. Dari 6 kadaver (13.3%) ditemukan diameter yang berbeda pada ACA pada satu segmen, perbedaan diameter luar > 0.5 mm, sedangkan diameter yang sama pada kedua segmen ditemukan pada 16 kadaver (35.6%). Menghilangnya salah satu segmen ACA

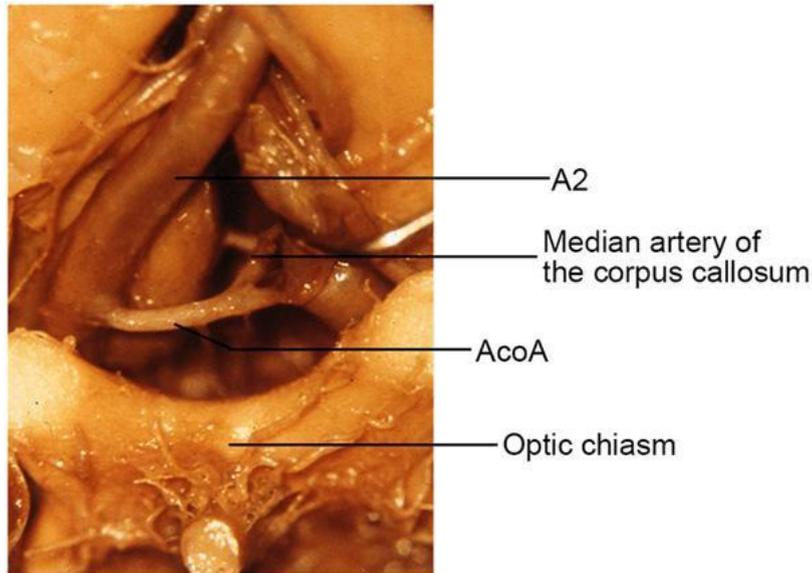
ditemukan pada 1 kadaver (2.2%). Dan pada 22 kadaver (48.9%) salah satu segmen ACA ditemukan perbedaan diameter  $< 0.5$  mm. Panjangnya dari pembuluh ACA yang ditemukan sama sebanyak 20 kadaver (44.4%). Perbedaan panjang sekitar 1 mm ditemukan pada 8 kadaver (17.8%), 2 mm pada 6 kadaver (13.3%), dan  $\geq 3$  mm pada 10 kadaver (22.2%). Salah satu segmen ACA bercabang dari segmen yang sebelumnya ditemukan pada 3 kadaver (6.7%).<sup>7</sup>

Pada eksperimen ini, ACoA berjumlah satu ditemukan pada 17 kadaver (37.8%), adanya duplikasi ACoA ditemukan pada 25 kadaver (55.6%), dan triplikasi dari ACoA ditemukan pada 3 kadaver (4.4%).

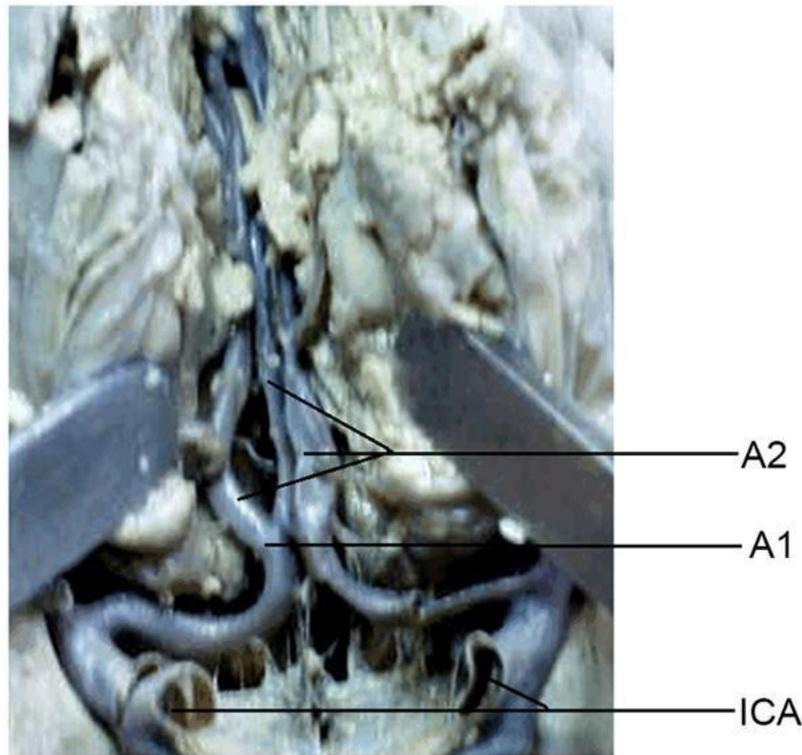
Menghilangnya ACoA pada 1 kadaver (2.2%). Diameter dan panjang ACoA pada studi ini adalah antara 0.2 – 3.9 mm dan 0 – 9.5 mm. Variasi karakteristik dari ACoA dapat disimpulkan sebagai berikut: 1. ACoA terhubung dengan cabang comunicans pada sampel tertentu. 2. ACoA berbentuk huruf Y ditemukan pada 8 kadaver (17.8%), dan tipe fenestrasi (keadaan dimana pembuluh menjadi 2 saluran terpisah dengan saluran yang paralel bergabung di daerah distal) ditemukan pada 6 kadaver (13.3%) (Gambar 12). 3. Adanya arteri median ditemukan pada 1 kadaver (Gambar 13). 4. Triplikasi dari salah satu segmen ACA dengan duplikasi ACoA ditemukan 1 kadaver (Gambar 14).



**Gambar 12. Fenestrasi ACoA.<sup>7</sup>**



Gambar 13. Arteri median.<sup>7</sup>



Gambar 14. Triplikasi ACA.<sup>7</sup>

**Pembahasan**

Dari Empat studi yang berbeda di atas, tiga studi melakukan observasi terhadap variasi CW beserta komponennya, sedangkan satu studi melakukan observasi khusus terhadap ACoA dan dibedakan berdasarkan jenis kelamin, semua menunjukkan adanya variasi dari CW beserta komponennya pada

total kadaver yang mereka teliti dengan persentase yang berbeda tiap studi.

ACoA merupakan pembuluh darah yang paling banyak mengalami berbagai tipe variasi dari studi-studi di atas, seperti menghilangnya arteri ini, duplikasi, munculnya arteri tambahan pada bagian tengah ACoA yang disebut A. median anterior cerebri, ditemukan lesung pada bagian tengah pembuluh, duplikasi bisa berbentuk huruf X

atau Y, hipoplasia dan posisi pembuluh yang oblik. Dari variasi-variasi yang ditemukan pada ACoA kejadian duplikasi atau triplikasi paling sering terjadi, hal ini ditemukan pada tiga studi kecuali pada studi De Silva, dkk tidak menuliskan adanya duplikasi. Adanya arteri tambahan pada bagian tengah ACoA yang disebut a. median ditemukan pada studi Kardile PB, dkk dan Yuhui Cui, dkk.

Variasi ACoP yang paling banyak dibahas pada studi di atas adalah kejadian hipoplasia unilateral atau bilateral. Hipoplasia atau menghilangnya pembuluh ini biasa diikuti juga oleh asal percabangan ACP yang salah dan disertai juga duplikasi dari ACoA (S. Iqbal), ACP normalnya dihubungkan oleh ACoP dari ACI, pada kejadian variasi di atas ACP langsung turun dari ACI tanpa dihubungkan oleh ACoP.

Pada pembuluh ACA, variasi yang biasa didapatkan adalah berupa triplikasi, pembuluh tambahan ACA biasa muncul pada bagian tengah ACoA. Munculnya pembuluh darah tambahan pada bagian tengah ini mempunyai nama berbeda-beda, pada studi S. Iqbal pembuluh ini merupakan triplikasi dari ACA, sedangkan pada studi Poorwa PB, dkk dan Yuhui Cui, dkk menyebutnya sebagai a. median. Triplikasi dari ACA pada studi Yuhui Cui, dkk biasanya diikuti oleh duplikasi dari ACoA. Variasi lain dari ACA juga ditemukan ACA kanan dan kiri yang saling menyatu atau dengan kata lain tidak disambungkan oleh ACoA. Variasi perbedaan diameter dan panjangnya pembuluh darah juga sering kali ditemukan pada ACA, perbedaan diameter bisa kurang atau lebih dari 5 mm, sedangkan perbedaan panjang pembuluh darah dari 1 mm, 2 mm, dan lebih dari 3 mm antara ACA kanan dan kiri, kadang kala bisa juga ditemukan ACA pada salah satu segmen bercabang dari segmen sebelahnya (Yuhui Cui, dkk).

Khusus untuk studi Kardile PB, dkk yang khusus membahas variasi ACoA dan dibedakan berdasarkan jenis kelamin, variasi yang sering terjadi adalah berupa duplikasi dan lebih banyak terjadi pada laki-laki, diikuti oleh menghilangnya ACoA yang jumlahnya sama pada laki-laki dan perempuan, kejadian hipoplasia ACoA lebih sering pada laki-laki, triplikasi ACoA hanya didapatkan pada perempuan, sedangkan menyatunya ACA tanpa dihubungkan oleh ACoA didapatkan hanya pada perempuan

## Penutup

Berbagai variasi ditemukan pada CW pada empat studi di atas, namun perbedaan terhadap acuan terjadinya suatu variasi juga didapatkan pada studi-studi di atas. Salah satunya adalah mengenai suatu keadaan hipoplasia dari pembuluh darah, khususnya arteri communicans, salah satu studi menyebut suatu hipoplasia dari pembuluh tersebut yaitu < 0.5 mm, sedangkan beberapa studi adalah < 1 mm. Selain itu, penamaan terhadap munculnya pembuluh pada garis tengah ACoA, ada yang menyebut a. median dan ada juga yang menyebutnya suatu triplikasi dari ACA. Studi di atas juga menunjukkan adanya perbedaan atas masing-masing studi terhadap munculnya variasi dari komponen CW. Terhadap apakah itu variasi atau suatu anomali juga masih belum diketahui, pada studi S. Iqbal, dilihat bahwa studi ini menyebutnya dengan anomali. Apakah ini suatu anomali atau hanya variasi tanpa mempengaruhi subjek semasa hidupnya belum diketahui. Apakah suatu populasi tertentu memiliki variasi paling banyak terhadap CW juga perlu diteliti lebih lanjut. Yang pasti pada artikel ini yang diambil dari empat studi dari berbagai populasi, usia, dan jenis kelamin yang berbeda, semua menunjukkan adanya variasi terhadap sampel mereka.

## Daftar Pustaka

1. Moore KL, Dalley FA. Anatomi orientasi klinis. Edisi kelima. Jakarta: Erlangga; 2013
2. Vrselja Z, Brkic H, Mrdenovic S, Radic R, Curic G. Function of circle Willis. *Journal of cerebral blood flow and metabolism*. 2014; 34: 578-84
3. Schunke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. Prometheus atlas anatomi manusia. Edisi 3. Jakarta: EGC; 2013
4. Kardile PB, Ughade JM, Pandit SV, Ughade MN. Anatomical variation of anterior communicating artery. *Journal of clinical and diagnostic research*. 2013; Vol. 7(12): 2661-4
5. Iqbal S. A comprehensive study of the anatomical variations of the circle of Willis in adult human brains. *Journal of clinical and diagnostic research*. 2013; Vol. 7(11): 2423-7

6. Silva KRD, Silva R, Amaratunga D, Gunasekera WSL, Jayasekera RW. Types of the cerebral arterial circle (circle of Willis) in a Sri Lanka population. *BMC neurology*. 2011; 11:5
7. Cui Y, Xu T, Chen J, Tian H, Cao H. Anatomic variations in the anterior circulation of the circle of Willis in cadaveric human brains. *Int J Clin Exp Med*. 2015; 8(9): 15005-10