

**CARTOGRAPHIE DU CERCLE ARTERIEL DE LA BASE DU CERVEAU ET DE SES BRANCHES COLLATERALES CHEZ L'AFRICAIN MELANODERME
A PROPOS DE 15 CAS D'INJECTION-DISSECTION**

**WILLIS ARTERIAL CIRCLE AMONG BLACK AFRICAN POPULATION
ANATOMIC STUDY ON 15 SPECIMENS**

HIMA-MAIGA A¹, NDIAYE A², DIALLO M³, SAKHO Y¹.

¹Service de Neurochirurgie du CHU FANN

²Laboratoire d'Anatomie -Organogenèse de l'UCAD

³Service d'Orthopédie et Traumatologie de l'hôpital le DANTEC Dakar – Sénégal

Correspondant : Docteur Abdoulaye HIMA MAÏGA Neurochirurgie CHU FANN

E-mail : ahimamaiga67@hotmail.com

RESUME

Introduction : Le cercle artériel du cerveau est un système d'anastomoses artérielles situé à la base du cerveau, permettant l'apport de sang pour le fonctionnement de ce dernier.

Le but de notre travail est d'étudier la disposition topographique du cercle artériel de la base du cerveau chez le sujet Africain mélanoderme sénégalais par la technique d'injection-dissection

Matériels et méthodes : Cette étude a été une description de la disposition topographique du cercle artériel du cerveau et de ses branches collatérales de 15 sujets adultes de sexe masculin âgés de 30 à 70 ans avec une moyenne d'âge de 45 ans. L'injection était réalisée au moyen de matière plastique de type résine polyester mélangé à un accélérateur de type octoate de cobalt et coloré au rouge soudan. La dissection proprement dite intéressait l'artère cérébrale postérieure, la communicante postérieure, la carotide interne, la cérébrale moyenne, la cérébrale antérieure et la communicante antérieure.

Résultats : Nous avons ainsi noté cinq types de variations anatomiques d'origine soit 40%. Il en résulte 60% de cas de cercle artériel classique soit 9 cas /15. Les absences concernaient un cas d'aplasie des 02 communicantes postérieures (4^e variation) et un cas d'aplasie de la communicante antérieure (1^{ère} variation) ; ainsi dans 13 cas sur 15, toutes les branches du polygone étaient présentes. La plus grande particularité de notre recherche concerne **deux artères cérébrales antérieures surnuméraires s'unissant en un tronc commun et s'abouchant à la communicante antérieure en son milieu** (deux segments A1 de chaque côté). Ces deux artères grêles sont selon nous, probablement une source parallèle pour plus de sang dans la communicante antérieure même s'il pourrait aussi s'agir d'un reliquat d'une artère cérébrale antérieure primitive peu développée.

Mots clés : cercle artériel ; base du cerveau ; disposition topographique ; africain mélanoderme

ABSTRACT

Introduction: Willis arterial circle which is an anastomotic vascular system localized at the skull base is a critical structure participating on blood brain supply. The aim of our work is to outline the anatomic features on black African population using injection dissection techniques.

Material and Methods: This study was a anatomic description of the different patterns of Willis circle and collaterals of 15 adult brain removed from cadavers males and aged between 30 to 70 years old. The injection via basilar artery was done using polyester mixed with cobalt octoate and colored with red Sudan. Careful dissection under microscope magnification has been done on all the vascular system

Results: Our findings were anatomic variations among 5 brains, 40% of our population that mean only 60% showed a classical pattern (9/15). We noticed one case of posterior communicating artery aplasia and another brain with Anterior Communicating aplasia. One of the brains has two anterior cerebral arteries supplying each hemisphere. Two specimens have middle cerebral artery giving rise on each side an anterior cerebral artery

Keys words: Willis arterial circle, anatomic features, black African

INTRODUCTION

Le cercle artériel du cerveau est un système d'anastomoses artérielles situé à la base du cerveau, permettant l'apport de sang pour le fonctionnement de ce dernier.

Ce cercle artériel, anciennement connu sous la nomenclature « polygone de Willis » a été décrit par Thomas Willis en 1664.

Une forme typique a été décrite, mais dans la majorité des cas, il existe diverses variations par rapport à la disposition topographique originale [1].

Des intérêts anatomo-cliniques ont été révélés par des études antérieures, certains auteurs ont proposé une corrélation entre variations du cercle artériel et certaines maladies cérébro-vasculaires [2].

Pour d'autres, la fréquence de ces affections dans différents groupes ethniques ou raciaux du globe serait liée à des variations anatomiques du cercle artériel [2].

Le but de notre travail est d'étudier la disposition topographique du cercle artériel de la base du cerveau chez le sujet Africain mélanoderme sénégalais.

MATERIELS ET METHODES

Matériel

Les cerveaux

Cette étude a été une description de la disposition topographique du cercle artériel du cerveau et de ses branches de 15 sujets adultes de sexe masculin âgés de 30 à 70 ans avec une moyenne d'âge de 45 ans.

Nous avons exclu de l'étude tous les spécimens mal conservés, en état de putréfaction avancée ou ayant présenté des lésions macroscopiques du cerveau.

Les prélèvements de cerveaux ont été faits au cours d'autopsie médico-légale au CHU LE DAN-TEC sur des cadavres frais bien conservés en chambre froide.

L'étude s'était déroulée dans le Laboratoire d'Anatomie et d'Organogenèse de la Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontostomatologie de l'Université Cheikh Anta-Diop de Dakar.

Méthodologie

L'étude s'était déroulée sur une période continue d'octobre 2007 à décembre 2008 ;

Le protocole du prélèvement était le suivant :

Une incision cutanée semi-circulaire allant de l'oreille droite à l'oreille gauche était effectuée associée à une rugination et un rabaissement du cuir chevelu en avant et en arrière permettant d'obtenir une bonne exposition du crâne, le cadavre étant allongé en décubitus dorsal.

On procédait ensuite à une ouverture circulaire très soignée du crâne à l'aide d'une scie électrique.

Nous prélevions le cerveau en monobloc en sectionnant très bas le chiasma optique et les deux artères carotides internes droite et gauche.

Immédiatement on effectuait un lavage abondant à l'eau en cathérisant l'artère carotide interne ou le tronc basilaire.

Les pièces ainsi obtenues étaient acheminées au Laboratoire d'Anatomie et d'Organogenèse où elles étaient étudiées soit immédiatement soit après une congélation.

En cas de congélation, nous procédions à une décongélation 6 heures avant l'injection.

Injection-dissection

La technique d'injection-dissection se déroulait selon le protocole suivant :

Pour chaque pièce, on procédait à un rinçage soigneux du lit vasculaire à l'eau courante puis à l'acétone en cathérisant le tronc basilaire.

L'injection était réalisée au moyen de matière plastique de type résine polyester mélangé à un accélérateur de type octoate de cobalt et coloré au rouge soudan. Elle était pratiquée manuellement au moyen de seringue de 10 ml par une pression douce et progressive. Les deux artères carotides internes droite et gauche étaient ligaturées à leurs extrémités distales (voir figure 01).



Figure n 01 : Technique d'injection

Après injection, la pièce était mise au réfrigérateur pendant quelques heures pour permettre une polymérisation rapide de la résine. Elle est ensuite conservée dans un bain de formol à 10% (formaldéhyde en solution aqueuse à 37° stabilisé avec du méthanol à 10%) pendant deux semaines. Après sortie de la solution de formol, lavage et rinçage prolongés à l'eau courante, pendant au moins 8 heures, la pièce était disséquée.

La dissection proprement dite intéressait l'artère cérébrale postérieure, la communicante postérieure, la carotide interne, la cérébrale moyenne, la cérébrale antérieure et la communicante antérieure.

Le chiasma optique est sectionné ainsi que la pie mère recouvrant ces vaisseaux.

Nous notons ainsi la disposition topographique du cercle artériel du cerveau et le mode de division de ses branches. Cette représentation de ces artères injectées est ensuite photographiée à l'aide d'un appareil numérique type Panasonic 5 méga pixels (voir figure 02).

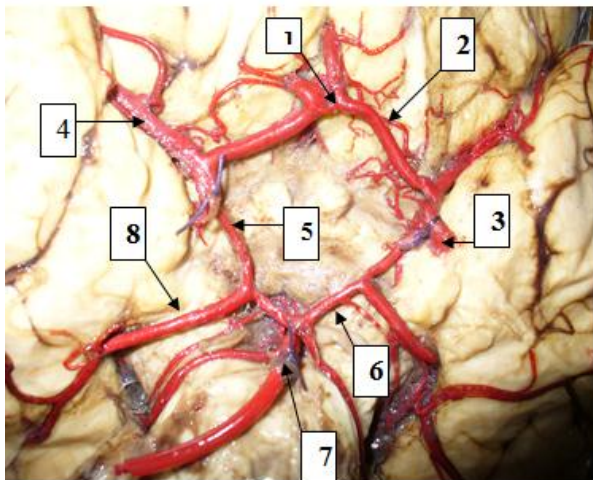


Figure n°02 : Cercle artériel du cerveau après injection

- 1 : artère communicante antérieure
- 2 : artère cérébrale antérieure
- 3 : artère carotide interne
- 4 : artère cérébrale moyenne
- 5 : artère communicante postérieure
- 6 : artère cérébrale postérieure (segment P1)
- 7 : tronc basilaire
- 8 : artère cérébrale postérieure (segment P2)

RESULTATS

Nous avons noté cinq cas de variations anatomiques. Ces résultats concernaient les variations d'origine (confère figure 03)

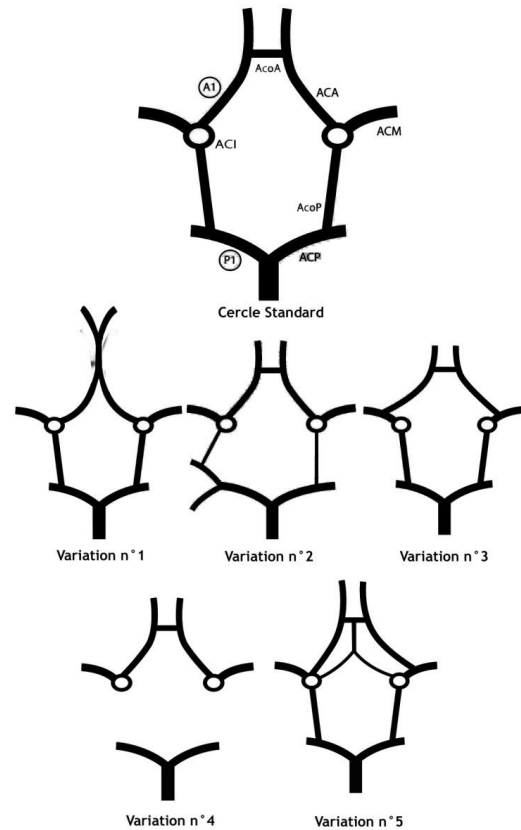


Figure n°03 : Principales variations du polygone de Willis de notre série

Première variation : l'absence de la communicante antérieure, les deux artères cérébrales antérieures fusionnaient directement (voir figure 04).



Figure n°04 : Absence de l'Artère communicante antérieure

Deuxième variation : les communicantes postérieures étaient grêles : une gauche longue et une droite courte. L'artère cérébrale postérieure (ACP) droite se divisait en deux branches terminales antérieure et postérieure.

La branche terminale antérieure recevait en arrière la courte communicante postérieure droite.

Troisième variation : une origine particulière des deux artères cérébrales antérieures, elles naissaient des artères cérébrales moyennes (sylviennes) au lieu des carotides. Cette variation était observée sur deux pièces.

Quatrième variation : l'absence des deux artères communicantes postérieures droite et gauche fut relevée dans un cas (voir figure 05)



Figure n°05 : Absences des 2 artères communicantes postérieures

Cinquième variation : la cérébrale antérieure gauche naissait de l'artère cérébrale moyenne gauche au lieu de la carotide. Par ailleurs, il

existait un second groupe de cérébrales antérieures droite et gauche qui émergeaient en dedans du premier groupe et qui était plus grêle.

Ce second groupe se réunissait en un tronc commun sur la ligne médiane, et se jetait au milieu dans la communicante antérieure (voir figure 06).

- Pour les neuf autres pièces injectées et disséquées, la disposition topographique du cercle artériel était classique.

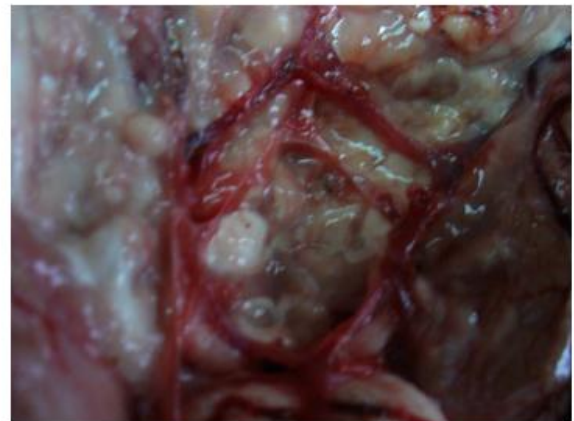


Figure n° 06 : Variation avec deux artères cérébrales antérieures de chaque côté.

Nous avons étudié les variations suivantes :

- celles des segments antérieurs droit et gauche : elle concernait l'artère communicante antérieure et l'artère cérébrale antérieure (Origine et segment pré communicant A1) (voir tableau I).
- et celles des segments postérieurs droit et gauche : elle concernait l'artère communicante postérieure et l'artère cérébrale postérieure dans son segment pré communicant P1 (voir tableau II).

Tableau n°I : Variations des segments antérieurs

Artère	Variation	(%)	Nombre	Total
ACoA	- Aplasie (absence)	6,66%	1	15
	- Hypoplasie	0%	0	
	- unique	93,44%	14	
	- Double	0%	0	
ACA	- Origine : Carotide interne	73,46%	11	15
	- Origine : ACM unilatérale	6,66%	1	
	- Origine : ACM bilatérale	13,22%	2	
	- Double	6,66%	1	
Segment A1	- Hypoplasie unilatérale	0%	0	0
	- Hypoplasie bilatérale	0%	0	

ACoA : Artère communicante antérieure
 ACA : Artère cérébrale antérieure
 A1 : Segment pré communicant de l'ACA
 ACM : Artère cérébrale moyenne

Nous avons été guidé dans le choix de la méthode d'injection-dissection plutôt que de la corrosion pour son "caractère économique", peu coûteux, l'expérience acquise de la technique d'injection, sans oublier notre souci de "garder en place" la structure cérébrale.

Néanmoins certains préalables méritent d'être définis et respectés :

- La difficulté à doser manuellement la pression d'injection qui peut être trop importante ou trop faible.

Cette méthode comporte aussi des limites à savoir la mauvaise qualité d'injection de certaines artères cérébrales, la diffusion spontanée du colorant au tissu cérébral environnant au cours de la formolisation et la non utilisation d'un microscope opératoire.

Tableau n°II : Variation des segments postérieurs

Artère	Variation	(%)	Nombre	Total
ACoP	- Absence unilatérale	0%	0	2
	- Absence bilatérale	6,66%	1	
	- Hypoplasie unilatérale	0%	0	
	- Hypoplasie bilatérale (asymétrique)	6,66%	1	
Segment P1	- Asymétrie	0%	0	0
	- Hypoplasie	0%	0	

ACoP : Artère communicante postérieure
 ACP : Artère cérébrale postérieure
 P1 : Segment pré communicant de l'AC

Au Maroc El Khamlichi et al. [1] en injectant de la résine synthétique, diséquait 100 cerveaux à l'œil nu pour étudier la disposition topographique et la fréquence des malformations artérielles cérébrales.

Plus précise et aisée a été la dissection réalisée par Eftekhar et al. [2] en Iran grâce à l'utilisation d'instruments de microchirurgie chez 102 cadavres diséqués âgés de 15 à 75 ans.

Des études plus précises sous microscope ont permis à Kakou et al. [3] l'étude d'un cas d'anastomose entre l'artère carotide interne supra caveuse et l'artère cérébrale antérieure, Lazorthes et al. [4] l'étude portant sur 200 cadavres et Apers et al. [5] la dissection de 350 cerveaux humains indemnes de toute pathologie.

La radiographie de contraste a été d'un apport considérable en guidant la dissection dans une étude de Fisher [6] portant sur 414 cadavres.

Commentaires

La discussion concerne notre méthodologie basée sur la technique d'injection-dissection ainsi que nos observations anatomiques sur les artères cérébrales de la base du cerveau.

Méthodologie

Ce travail est l'étude de la disposition topographique du cercle artériel de la base du cerveau par la technique d'injection-dissection.

Milisavljević et al [7] utilisaient l'injection-corrosion qui à notre avis, est d'un intérêt moindre car modifiant l'architecture cérébrale.

Notre méthode de choix peut néanmoins être nettement améliorée grâce à une dissection sous loupe, lunettes grossissantes ou l'utilisation d'un microscope opératoire guidée par une analyse radiologique préalable [8].

Observations anatomiques

Nous avons trouvé 60% de cercle artériel classique soit 9 cas /15, il en résulte donc 40% de variations.

Ainsi les absences concernaient un cas d'aplasie des 02 communicantes postérieures (4^e variation) et un cas d'aplasie de la communicante antérieure (1^{ière} variation) ; ainsi dans 13 cas sur 15, toutes les branches du polygone étaient présentes.

Nous n'avons pas noté de configuration fœtale ou transitionnelle ; la configuration adulte est présente dans 100% des cas. *Saleh [9]* rapporte 15% de configuration fœtale, même chiffre rapporté par *Overbeeke et al. [10]*, *Alpers et al. [11]*. D'autres auteurs comme *Petrosa [12]*, *Zeal [13]*, *Saeki [14]*, *Bizarria [15]* parlent d'une configuration fœtale inférieure à 15%.

La plus grande particularité de notre recherche concerne **deux artères cérébrales antérieures surnuméraires s'unissant en un tronc commun et s'abouchant à la communicante antérieure en son milieu** (deux segments A1 de chaque côté).

Ces deux artères grêles sont selon nous, probablement une source parallèle pour plus de sang dans la communicante antérieure même s'il pourrait aussi s'agir d'un reliquat d'une artère cérébrale antérieure primitive peu développée. Les autres types de cercles de notre étude ont été précédemment décrits [8,16, 17]

Deux types de variations de l'artère communicante postérieure (aplasie et hypoplasie) décrites précédemment ont été aussi retrouvés dans cette série.

Les 13,32% d'aplasie et d'hypoplasie de la communicante postérieure sont inférieurs au 33% rapportés par *Saleh [9]*, *Petrosa [12]*.

Il en résulte que dans 86,68% de nos cas le sang de l'artère cérébrale postérieure approvisionnant le lobe occipital et une partie du lobe temporal proviendrait de la basilaire à travers le segment P1 [9]. Ce chiffre est supérieur au 77% rapportés dans les populations Jordaniennes [9]. Et ces 77% sont aussi inférieurs à ceux rapportés par *Van Overbeeke et al. [10]*, mais supérieurs aux résultats rapportés par *Stehbens. [18]*, *Zeal [13]*.

Des études précédentes ont démontré une corrélation entre les variations du cercle artériel du cerveau et certaines maladies cérébro-vasculaires [19,20] et aussi une fréquence différente de ces maladies dans les populations du globe [21, 22].

Aux Etats-Unis, la fréquence des maladies ischémiques serait différente selon le groupe racial, essentiellement les sujets de race noire et les latino-américains comparés à celle de la race blanche [22].

Pour *Flaherty [21]* les facteurs de risques vasculaires ne pourraient pas à eux seuls expliquer le lien qu'il y aurait entre les risques d'hémorragie intracérébrale et les variations raciales. D'autres études ont trouvé une corrélation entre les anévrismes cérébraux et certaines variations du cercle artériel [23].

Finalement bien que controversé [24,25], il y aurait des études démontrant l'existence des différences ethniques dans la fréquence des anévrismes intra cérébraux [26,27].

Beaucoup de travaux précédents se sont basés uniquement sur les variations de certains segments du polygone [3, 5,20,28] mais d'autres études [1,4, 29] comme la nôtre se sont intéressées au cercle dans tout son ensemble (Cf. tableaux III et IV).

Tableau III: Comparaison de nos résultats avec les travaux précédents de Riggs et Rupp [24], El Khamlichi [25], Fisher [26], Lazorthes [3] et Eftekhar [27].

Types	Riggs and Rupp [24]	El Khamlichi et al. [25]	Fisher [26]	Lazorthes et al. [3]	Eftekhar et al. [27]	Notre série
1	192	18	20	29	29	9
2	54	0	0	10	0	0
3	91	11	6	9	0	0
4	88	14	24	28	20	0
5	41	6	12	10	4	0
6	126	24	131	44	28	1
7	67	10	58	34	4	0
8	38	2	0	3	0	0
9	47	3	4	5	1	0
10	33	1	16	6	0	0
11	2	0	10	0	0	0
12	20	1	1	3	1	0
13	50	0	3	1	0	0
14	7	0	1	1	0	0
15	35	4	0	4	1	0
16	16	3	2	2	0	0
17	26	0	46	3	2	0
18	58	0	21	6	0	1
19	17	1	28	1	1	0
20	10	1	5	0	0	0
21	13	0	10	1	0	0
22	3	0	8	0	0	0
Autres	5	1	8	0	1	4

Tableau IV: Tableau comparatif des fréquences des différents segments du polygone de Willis de notre série avec quelques études précédentes

Variations	Nombre	ACoA		ACA		ACoP Aplasie		ACoP Hypoplasie		P1 Hypoplasie		P1 Aplasie
		Aplasie	Hypoplasie	Aplasie	Hypoplasie	Uni	Bi	Uni	Bi	Uni	Bi	
References						Uni	Bi	Uni	Bi	Uni	Bi	
Alpers [21]	350	2%	3%	0	2%	0.6%	0	13.5%	9%	11%	3.71%	
Fawcett [28]	700	0.14%	-	-	-	3.2%	0.4%	21.5%	0.7%	42%	0.14%	-
Rigg& Rupp [24]	994		27%		16%			21%	30%	16%	6%	-
Windle [22]	200	1.5%	-	-	-	11%	1.5%	21.5%	3.5%	10%	2%	
El khamlichi et al. [25]	100		32%		4%			25%	35%	14%	1%	-
Fisher [26]	414		29%		13%			32%	49%	22%	7%	

Lazorthes et al. [3]	200		29.5%		7.5%			29.5 %	40 %	7.5%	4.5%	-
Puchades [29]	62	3.2%	6.4%	0.8 %	6.4%	2.4%		51.6 %		11.3 %	11.3%	2.4%
Eftekhar et al. [27]	102	1%	11%	-	1%	7%	3%	27%	33 %	7%	-	-
Notre série	15	6,6%	0%	0	0	0	6,6%	0	6,6%	0	0	0

Quatre études antérieures ont présenté de façon très détaillée ces variations du polygone dans tout son ensemble Riggs et Rupp [29], El Khamlichi [1], Fisher [6] et Lazorthes [4].

Nous précisons que les variétés de polygones ne présenteraient pas clairement des fréquences semblables en fonction des différentes ethnies ou races.

CONCLUSION

Le cercle artériel du cerveau est un système anastomotique performant permettant un apport nutritif efficient au cerveau.

L'injection-dissection nous a permis d'explorer les cercles artériels ; sa fiabilité, son moindre coût et sa reproductibilité en font une méthode avantageuse.

Nous avons noté 5 types de variations du cercle dont une nouvelle que nous rapportons pour la première fois, il s'agissait d'un **polygone avec quatre artères cérébrales antérieures**.

Ces variations du cercle artériel sont très communes et peuvent avoir une influence importante sur les manifestations et traitements de certaines maladies cérébro-vasculaires. Ces dernières sont justement causées par l'obstruction d'une des artères qui fournit le cerveau en sang et en oxygène.

Ainsi pensions nous qu'il existe une relation entre les variations anatomiques du polygone de Willis et le siège des anévrysmes de ce cercle ?

Notre étude nous permet de conclure **qu'il n'est pas évident que la cartographie du cercle artériel du cerveau diffère selon les différentes populations du globe**.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] El Khamlichi A, Azouzi M, Bellakhdar F, Ouhcein A, Lahlaïdi A: [Anatomic configuration of the circle of Willis in the adult studied by injection technics. Apropos of 100 brains]. Neurochirurgie 1985, 31(4):287-293.

[2] Eftekhar B, Dadmehr M, Ansari S, Ghodsi M, Nazparvar B, Ketabchi E. Are the distributions of variations of circle of Willis different in different populations? – Results of an anatomical study and review of literature. BMC Neurology 2006, 6:22

[3] KAKOU M, VELUT S, DESTRIEUX C, ZUNON-KIPRE Y, BAZEZE V, NGUESSAN G. Microanatomy of the supracavernous internal carotid and cerebral arterial complex. AJNS 2001 Vol.20, N°1

[4] Lazorthes G, Gouaze A, Santini JJ, Salamon G: The arterial circle of the brain (circulus arteriosus cerebri). Anatomia Clinica 1979, 1:241-257.

[5] Alpers BJ, Berry RG, Paddison RM: Anatomical studies of the circle of Willis in normal brain. AMA Arch Neurol Psychiatry 1959, 81:409-418.

[6] Fisher CM: The Circle of Willis: Anatomical Variations. Vasc Dis 1965, 2:99-105.

[7] Milisavljević M, Marinković S, Marinković S, Malobabić S. Bases anatomiques de l'abord chirurgical du segment distal de l'artère cérébrale postérieure. Surgical and Radiologic Anatomy, 1988 ; 10 (4) : 1-3.

[8] Lazorthes G, Gouaze A, Santini JJ, Salamon G: The arterial circle of the brain (circulus arteriosus cerebri). Anatomia Clinica 1979, 1:241-257.

[9] SALEH M, AL-HUSSAIN SM, SHOTER AM, BATAINA ZM. Circle of Willis in adults. Saudi Med J 2001; Vol.22 (10): 895-898

- [10] Van Overbeeke JJ, Hillen B, Tulleken CA. A comparative study of the circle of Willis in foetal and adult life. The configuration of the posterior bifurcation of the posterior communicating artery. *Anat* 1991; 176: 45-54.
- [11] Alpers BJ, Berry RG. Circle of Willis in cerebral vascular disorders, *Arch Neurol* 1963; 398-402.35.
- [12] Pedrosa A, Dujovny, M, Artero JC, Umanovsky F, Bermùan SK, Diaz FG et al, Microanatomy of the posterior communicating artery, *Neurosurgery* 1987; 20: 228-2
- [13] Zeal AA, Rhoton AL. Microsurgical anatomy of the posterior cerebral artery. *J Neurosurg* 1978; 534-559.
- [14] Saeki N, Rhoton AL. Microsurgical anatomy of the upper basilar artery and the posterior circle of Willis. *J Neurosurg* 1977; 46: 563-578.
- [15] Bizaria KK. Anomalies of the posterior communicating artery and their potential clinical significance. *J Neurosurg* 1984; 60: 572-576.
- [16] Bergman RA, Thompson SA, Afiti AD, Saadeh FA: In *Copendium of human anatomic variation*. Urban and Schwarzenberg, 1988; p. 338-344.
- [17] SALEH M, AL-HUSSAIN SM, SHOTER AM, BATAINA ZM. Circle of Willis in adults. *Saudi Med J* 2001; Vol.22 (10): 895-898
- [18] Stebens WE. Etiology of intracranial berry aneurysms. *J Neurosurg* 1989; 70: 823-831.
- [19] Henderson RD, Eliasziw M, Fox AJ, Rothwell PM, Barnett HJ: Angiographically defined collateral circulation and risk of stroke in patients with severe carotid artery stenosis. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial (NASCET) Group. *Stroke* 2000, 31(1):128-132.
- [20] Kayembe KN, Sasahara M, Hazama F: Cerebral aneurysms and variations in the circle of Willis. *Stroke* 1984, 15(5):846-850.
- [21] Flaherty ML, Woo D, Haverbusch M, Sekar P, Khoury J, Sauerbeck L, Moomaw CJ, Schneider A, Kissela B, Kleindorfer D, Broderick JP: Racial variations in location and risk of intracerebral hemorrhage. *Stroke* 2005, 36(5):934-937.
- [22] White H, Boden-Albala B, Wang C, Elkind MS, Rundek T, Wright CB, Sacco RL: Ischemic stroke subtype incidence among whites, blacks, and Hispanics: the Northern Manhattan Study. *Circulation* 2005, 111(10):1327-1331.
- [23] Horikoshi T, Akiyama I, Yamagata Z, Sugita M, Nukui H: Magnetic resonance angiographic evidence of sex-linked variations in the circle of Willis and the occurrence of cerebral aneurysms. *J Neurosurg* 2002, 96(4):697-703.
- [24] El Khamlichi A, Derraz S, ElOuahabi A, Aghzadi A, Jamily A, El Azouzi M: Pattern of cerebral aneurysms in Morocco: review of the concept of their rarity in developing countries: report of 200 cases. *Neurosurgery* 2001, 49(5):1224-9; discussion 1229-30.
- [25] Kim DH, Van Ginhoven G, Milewicz DM: Incidence of familial intracranial aneurysms in 200 patients: comparison among Caucasian, African-American, and Hispanic populations. *Neurosurgery* 2003, 53(2):302-308.
- [26] Nogueira GJ: Pattern of cerebral aneurysms in Morocco: Review of the concept of their rarity in developing countries: Report of 200 cases. *Neurosurgery* 2002, 51(3):849-850.
- [27] Tay CH, Oon CL, Lai CS, Loong SC, Gwee AL: Intracranial arterio-venous malformations in Asians. *Brain* 1971, 94:61-68[28']
- [28] Windle B: On the arteries forming the circle of Willis. *J AnatPhysiol* 1887, 22:289-293.
- [29] Riggs HE, Rupp C: Variation in form of circle of Willis. The relation of the variations to collateral circulation: anatomic analysis. *Arch Neurol* 1963, 8:24-30.