

Variações Anatômicas na Porção Anterior do Polígono de Willis

DÉBORA DE ARAUJO PAZ¹, RAIZA LUNA PEIXOTO¹, JULIETE MELO DINIZ², DANIEL DE ARAUJO PAZ³, MAURUS MARQUES DE ALMEIDA HOLANDA⁴

¹Estudante do curso de Medicina da Universidade Federal da Paraíba (UFPB); ² Residente de Neurologia do Hospital do Servidor de São Paulo; ³ Residente de Neurocirurgia da Universidade Federal de São Paulo; ⁴ Professor do Departamento de Medicina Interna do Centro de Ciências Médicas da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

- **Autor para correspondência:**

Débora de Araujo Paz

E-mail: deborapazmed@gmail.com

Resumo

O círculo arterial cerebral (CAC), também conhecido como “polígono de Willis”, corresponde a uma complexa rede anastomótica entre os sistemas arteriais carotídeo interno e vertebrobasilar. Está localizado na base do crânio e é sede de inúmeras variações anatômicas. Em uma série de 1.413 cérebros, a maior já publicada, o modelo clássico (proposto por T. Willis em seu trabalho original) só foi encontrado em 34,5% dos casos. Objetivo: O presente estudo objetivou descrever a frequência em que as principais variantes do modelo clássico se manifestam. Método: Foram estudados 16 cérebros de cadáveres humanos adultos (18 a 60 anos), independentemente da etnia, de ambos os sexos, captados junto ao Serviço de Verificação de Óbitos da Paraíba, nos quais nenhuma doença intracraniana tivesse deflagrado ou contribuído com a causa mortis. Resultados: Observou-se uma taxa de variação anatômica na circulação carotídea de 56,25%. O hemisfério cerebral que parece ser mais acometido por anormalidades no sistema carotídeo é o direito. Conclusões: No nosso trabalho, encontramos uma prevalência de variações anatômicas de 53,12%, sendo a mais frequente delas o ramo temporal precoce da ACM. Devido ao baixo número de encéfalos dissecados e amostragem aleatória, não podemos fazer generalização externa. Assim mais estudos anatômicos de base populacional necessitam ser realizados.

Palavras-chave: Polígono de Willis, Sistema carotídeo, Variação anômica, Artéria Carótida Interna, Artéria Basilar.

Abstract

The cerebral arterial circle (CAC), also known as “circle of Willis”, is a complex anastomotic network between the internal carotid and the vertebrobasilar arterial system. It is located at the base of the skull and is the site of numerous anatomical variations. In a series of 1,413 brains, the largest ever published, the classical model (proposed by T. Willis in his original work) was only found in 34.5% of cases. This study aimed to describe the frequency of the main variations in the CAC. We studied the brains of 16 adult human cadavers (18 to 60 years), regardless the ethnicity, of both sexes, when no intracranial disease had triggered or contributed to the cause of death. The research took place at the Serviço de Verificação de Óbitos da Paraíba. There was a rate of anatomical variation in the carotid circulation of 53.12%. The cerebral hemisphere that seemed to be more affected by abnormalities in the carotid system was the right one. Knowing the anatomical variations of the cerebral arterial circle (CAC) has fundamental importance in understanding the emergence of cerebrovascular diseases, such as aneurysm, in performing neurosurgical procedures, besides the great importance in radiological examinations.

Keywords: Circle of Willis, Carotid system, Anatomic Variation, Internal Carotid Artery, Basilar Artery.

Descrito pela primeira vez no ano de 1664, em publicação do anatomista e fisiologista inglês Thomas Willis, o círculo arterial cerebral tem forma poligonal e está localizado no espaço subaracnóideo da base do crânio, imerso na cisterna basal, onde mantém íntimas relações anatômicas com a fossa interpeduncular e substância perfurada anterior, circundando o quiasma óptico, infundíbulo da hipófise, tuber cinéreo, corpos mamilares e nervo oculomotor^{3,4}.

A circulação posterior é oriunda da artéria subclávia via ramos vertebrais direito e esquerdo. As artérias vertebrais penetram no crânio através do forame magno e, aproximadamente ao nível do sulco bulbo-pontino, fundem-se em uma única artéria, a artéria basilar. As artérias vertebrais originam, ainda, duas artérias espinhais posteriores, a artéria espinhal anterior (responsáveis pela vascularização da medula cervical) e as artérias cerebelares inferiores posteriores, que irrigam a porção inferior e posterior do cerebelo e a área lateral do bulbo. A artéria basilar termina se bifurcando nas artérias cerebrais posteriores direita e esquerda. Além desses ramos terminais, é importante destacar alguns ramos oriundos de seu trajeto: a artéria cerebelar superior; a artéria cerebelar inferior anterior e a artéria do labirinto⁵.

A circulação anterior é provida pelas artérias carótidas internas (ACI), as quais se originam da bifurcação carotídea, normalmente ao nível da C4; penetram na base do crânio através do canal carotídeo, voltam-se rostromedialmente e ascendem lateralmente ao osso esfenoide, perfurando a dura-máter basal e ramificando-se na artéria oftálmica, que vasculariza o nervo óptico e a porção interna da retina e corioidea anterior, responsável pela irrigação das estruturas diencefálicas e telencefálicas. Por fim, a ACI se bifurca no espaço subaracnóideo (cisterna quiasmática) em artérias cerebral anterior e cerebral média. As artérias cerebrais anteriores interconectam-se pela artéria comunicante anterior, cuja patência permite potenciais *shunts* inter hemisféricos (ou seja, latero-lateral) em casos de obstruções/estenoses na rede vascular. A interconexão entre os sistemas arteriais anterior e posterior do sistema nervoso central (SNC) fica, por sua vez, a cargo das artérias comunicantes posteriores (ramo da porção comunicante da artéria carótida interna), que, de maneira semelhante, podem propiciar *shunts* ântero-posteriores à direita ou à esquerda, caso patentes. Estudos prévios mostram que pacientes que possuem variantes do círculo com circulação colateral eficiente têm um menor risco de ataque isquêmico transitório e acidente vascular cerebral do que pacientes sem essas colaterais⁶.

Apesar de essa descrição clássica estar presente em diversos livros de neuroanatomia, e ter um caráter didático interessante, ela só representa 34,5% dos casos. Portanto, a ciência detalhada das variações anatômicas do círculo arterial cerebral é imprescindível na neuroanatomia, neuroclínica, neurocirurgia e neurorradiologia, já que corresponderão à maioria dos casos^{7,8}.

As anomalias do “Círculo de Willis” podem ter um papel importante no desenvolvimento de aneurismas, produzindo alterações hemodinâmicas do fluxo sanguíneo e induzindo pressão sobre o ponto fraco das artérias na bifurcação.

O objetivo do estudo é identificar as variações anatômicas das artérias da porção anterior do círculo de Willis por meio da dissecação de espécimes obtidos no Serviço de Verificação de Óbitos da Paraíba (SVO-PB).

Metodologia

Tipo e Local do Estudo

Trata-se de uma pesquisa descritiva com abordagem quantitativa. O projeto foi realizado nos laboratórios de anatomia do Departamento de Morfologia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Aspectos éticos

O projeto foi registrado em Comitê de Ética em Pesquisa, observando-se todas as diretrizes e normas regulamentadoras para o desenvolvimento de pesquisa envolvendo seres humanos, estabelecidas na Resolução n. 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, em vigor no país, principalmente no que se diz respeito ao consentimento livre e esclarecido da família dos participantes, bem como à garantia do seu anonimato e ao sigilo de dados confidenciais (protocolo n. 150/10 do Comitê de Ética em Pesquisa – Hospital Universitário Lauro Wanderley (HULW) emitido em 05.04.2010).

População e amostra

O processo de amostragem foi do tipo não probabilístico. Optou-se pela amostra por acessibilidade, devendo-se a escolha por essa modalidade ao fato de não ser necessário maior rigor estatístico, não se pretendendo fazer generalização externa.

Foram dissecados 16 cérebros (totalizando 32 hemisférios cerebrais) de cadáveres humanos. Dados referentes a sexo, idade e raça dos cadáveres foram coletados. A causa da morte não foi levada em consideração.

Critério de inclusão:

Indivíduos entre 18 e 70 anos.

Critérios de exclusão:

- 1) História de trauma crânio-encefálico;
- 2) Antecedentes de cirurgias neurológicas;
- 3) Presença de doenças que alteram a anatomia e dificultam a observação das estruturas arteriais, como tumores cerebrais e mal-formações arteriovenosas.

Método

As artérias do Círculo de Willis foram retiradas por ocasião da necropsia. Sendo removidas a partir da emergência das artérias vertebrais no crânio através do forame magno. Em seguida, todo o sistema arterial foi fotografado e ampliado em 6x, para isso utilizou-se uma câmera fotográfica Sony Mavika MVC fd75.

Para cada lado do sistema arterial carotídeo foi documentada a presença das seguintes variações anatômicas: hipoplasia do segmento A1 da artéria cerebral anterior (ACA), artéria comunicante anterior plexiforme, ACA ázigos, ACA tripla, bifurcação precoce de artéria cerebral média (ACM), ACM acessória, agenesia da artéria carótida interna (ACI), fenestração, duplicação, anomalia do curso da ACA.

Os dados coletados foram armazenados em um banco de dados, utilizando-se o software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 11.5 para Windows, e posteriormente analisados.

Resultados

Foram dissecados 16 cérebros de cadáveres humanos captados no Serviço de Verificação de Óbitos da Paraíba, sendo 10 (62,5%) cadáveres do sexo masculino e 6 (37,5%) cadáveres do sexo feminino. A média de idade foi de 54,12 anos.

Encontraram-se 17 variações anatômicas na circulação carotídea dos 32 hemisférios cerebrais analisados, a saber: 11 alterações no hemisfério direito e 6 no esquerdo.

Foram encontradas 17 alterações anatômicas não esperadas, discriminadas segundo o tipo na Tabela 1.

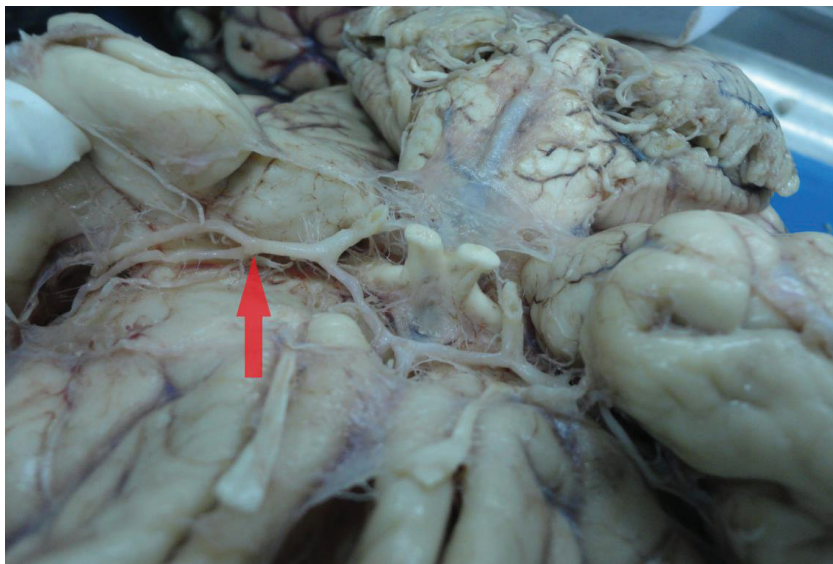
Tabela 1 - Variações Anatômicas encontradas

Amostra	Agenesia de CI	Hipoplasia de A1	Bifurcação precoce de ACM	Duplicação da ACA	Outras Alterações
Hemisfério Direito	0	3	1	0	7
Hemisfério Esquerdo	1	0	3	0	2

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados da pesquisa.

O tipo de variação anatômica mais comumente observada foi a de ramo temporal precoce da ACM, que correspondeu a 47,05% (8/17) das alterações, seguido de bifurcação precoce da ACM (Figura 1), com 23,5% (4/17).

Figura 1 - Bifurcação precoce da ACM esquerda



Fonte: Elaborada pelos autores.

Ocorreu apenas um caso de agenesia de carótida, encontrada no hemisfério esquerdo. Não ocorreram em nenhum dos hemisférios variações anatômicas do tipo artéria comunicante anterior plexiforme, ACA ázigos, ACA tripla, anomalia de curso de ACA, ACM acessória, duplicação de ACM e fenestração de ACM.

O segmento vascular do território carotídeo com mais variações, somando-se os acometimentos nos dois hemisférios, foi a artéria cerebral média, local onde foram observadas 70,5% (12/17) das alterações, seguido da artéria cerebral anterior, que acumulou 17,64% (3/17) das variações. As artérias carótida interna e comunicante anterior apresentaram iguais taxas de variação, com 6% (1/17) cada uma. Dos 16 encéfalos estudados, apenas 7 (43,75%) não apresentaram alterações (Figura 2).



Fonte: Elaborada pelos autores.

Discussão

O presente estudo buscou avaliar a presença de variações anatômicas na circulação anterior (carotídea) do polígono de Willis e identificou a presença de 17 alterações em 16 encéfalos, o que indica uma considerável ocorrência de alterações anatômicas em relação ao que foi descrito como círculo de Willis típico, em 1664, por Thomas Willis. Dos 16 encéfalos estudados, apenas 7 não apresentaram qualquer alteração. Observou-se uma taxa de variação anatômica na circulação carotídea de 56,25%.

Outros dados da literatura corroboram este achado. Segundo Krishnamurthy¹², as variações no polígono de Willis são muito comuns, sendo a descrição clássica do polígono de Willis encontrada raramente. Cecil¹³, refere ser muito frequente o achado de variações anatômicas no círculo arterial cerebral. Soares¹⁴, em seu estudo anatómico e morfométrico dos vasos que constituem o polígono de Willis, identificou a presença de onze anormalidades, em todo o polígono, em nove encéfalos. Relata-se que a versão descrita em livro do polígono de Willis, baseada numa série de 1.413 cérebros, só é vista em 34,5% dos casos.

No presente estudo, as alterações mostraram-se mais presentes no hemisfério cerebral direito, onde foram observadas onze das dezessete alterações arteriais. Não foram encontrados dados na literatura acerca desse parâmetro, o que sugere uma maior necessida-

de de investigação a esse respeito; porém, dada a pequena amostra deste estudo, não podemos fazer generalização externa, e é provável que não tenha significância estatística, uma vez que a amostra não é representativa da população. Assim, mais estudos anatômicos de base populacional necessitam ser realizados.

O segmento vascular mais acometido foi a artéria cerebral média, seguido da artéria cerebral anterior. As artérias cerebrais podem apresentar alterações em seu curso, território distal e/ou local de origem – as chamadas variações anatômicas. Essas variações representam a persistência do padrão embrionário em humanos, ou de arranjos vasculares habitualmente encontrados em outras espécies filogeneticamente mais antigas (peixes, répteis, aves ou mamíferos). Aneurisma intracraniano associado a uma variação anatômica já foi estudado, onde a presença da variação anatômica tornaria um determinado segmento arterial vulnerável ao aparecimento do aneurisma. A artéria cerebral média é um vaso de aquisição mais recente em humanos, advindo com a expansão do telencéfalo. A presença de uma artéria cerebral média acessória é um evento raríssimo, com implicações clínicas importantes, podendo estar relacionado a um arranjo favorável – servindo de circulação colateral no acidente vascular cerebral isquêmico (AVCI), ou desfavorável – local anômalo em que ocorre aneurisma intracraniano, por exemplo¹⁵.

Os estudos apontam que a taxa de variação anatômica é maior na parte posterior do polígono. Os locais mais comuns de anormalidades seriam as artérias comunicantes posteriores (22%), seguida das artérias cerebrais anteriores (10%).

O presente trabalho observou que a alteração mais comum foi a bifurcação precoce da artéria cerebral média e hipoplasia do ramo A1 da artéria cerebral anterior.

Em um outro estudo, avaliaram-se 1.000 espécimes, dos quais 452 cérebros (45,2%) apresentaram um círculo de Willis típico e, em 54,8%, observaram-se variações. Os achados foram: a artéria cerebral anterior estava ausente em 0,4%, era hipoplásica em 1,7%, era duplicada em 2,6%, triplicada em 2,3% e única em 0,9%. A artéria comunicante anterior estava ausente em 1,8%, duplicada em 10% e triplicada em 1,2%, já a artéria comunicante posterior estava ausente em 1% e hipoplásica em 13,2% dos casos^{17,18}.

Conclusão

A vascularização do sistema nervoso central tem sido estudada há anos por diversas linhas de pesquisa em neurociências. O conhecimento detalhado dessa complexa trama vascular é de funda-

mental importância para a compreensão de diversas síndromes clínicas em neurologia, para o planejamento e execução segura de intervenções endovasculares e cirurgias abertas, e para a especulação de prognósticos frente ao dano vascular agudo. Anomalias no círculo de Willis parecem ter um papel importante no desenvolvimento de aneurismas, produzindo alterações hemodinâmicas no fluxo sanguíneo cerebral e induzindo pressão sobre o ponto fraco das artérias em zonas de bifurcação. Além disso, o conhecimento dessas variações permite evitar iatrogenias neurocirúrgicas.

Em nosso trabalho, encontramos uma prevalência de variações anatômicas de 53,12%, sendo a mais frequente delas o ramo temporal precoce da ACM. Devido ao baixo número de encéfalos dissecados e à amostragem aleatória, não nos é possível fazer generalização externa. Assim mais estudos anatômicos de base populacional necessitam ser realizados para definir a real prevalência de cada variação anatômica, bem como para estudar sua relação com doenças cerebrovasculares.

Referências

1. Henderson R D, 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 2003;31(1):128-132.
2. Hoksbergen A W, Majoie CB, Hulsmans FJ, Legemate DA.. Assessment of the collateral function of the circle of Willis: three-dimensional time-of-flight. MR angiography compared with transcranial color-coded duplex sonography. AJNR Am J Neuroradiol 2003; 24(3):456-462.
3. Moore, K, Daley L, Arthur F. Anatomia orientada para clínica. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2007.
4. Spinnato S, Pasqualin A, Chioff F, Da Pian R, Yasargil MG, Abdulrauf SI. et al. Infraotic course of the anterior cerebral artery associated with an anterior communicating artery aneurysm: Anatomic case report and embryological considerations. Commentaries: Journal Neurosurgery 1999;44(6):1315-1319.
5. Kayembe K N, Sasahara M, Hazama F. Cerebral aneurysms and variations in the circle of Willis. Stroke 1984;15(5): 846-850.

6. Ardakani SK, Dadmehr M, Nejat F, Ansari S, Eftekhar B, Tajik P. et al. O círculo cerebral arterial (circulus arteriosus cerebral): um estudo anatômico em feto e amostras infantil. *Pediatr Neurosurg.* 2008;44(5):388-92.
7. De Silva KR, Silva R, Amaratunga D, Gunasekera WS, Jayasekera RW. Types of the cerebral arterial circle (circle of Willis) in a Sri Lankan population. *BMC Neurol.* 2011 Jan 17;11:5.
8. Soares JC, Tamega OS, Schwerdfeger W, Cintra MD, Cury PR. Estudo anatômico e morfométrico dos vasos que constituem o Polígono de Willis. *Rev. Bras. Ciênc. Morfol.* 1994;11(2): 115-24.
9. Batista LL. Avaliação Anátomo-radiológica da artéria cerebral média acessória em 105 casos. [Tese]. Recife: Universidade Federal de Pernambuco; 2010.
10. 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 Neurol.* 2006;6: 22.
6. Fukuda S, Hashimoto N, Naritomi H, Nagata I, Nozaki K, Kondo S. et al. Prevention of rat cerebral aneurysm formation by in-hibition of nitric oxide synthase. *Circulation* 2000;101(21):2532-8.
11. Kapoor K, Singh B, Dewan LI. Variations in the configuration of the circle of Willis. *Anat Sci Int.* 2008;83(2):96-106.
12. Krishnamurthy A, Rao CP, Narayana K, Nayak SR, Kumar SM, Surendran S. Circulus arteriosus cerebri: a study of variation in the fetal and adult human brains of south Indians. *Morphologie* 2006;90(290):139-43.
13. Cecil L. *Textbook of Medicine.* 20th ed. Philadelphia: W. B Company; 2005.
14. Ingebrigtsen T, Morgan MK, Faulder K, Ingebrigtsen L, Sparr T, Schirmer H. Bifurcation geometry and the presence of cerebral artery aneurysms. *J Neurosurg.* 2004;101(1):108-13.
15. Machado A. *Neuroanatomia funcional.* 2ª ed. São Paulo: Atheneu; 2006.

16. Mazighi MP Porter PJ, Rodesch G, Alvarez H, Aghakhani N, Lasjaunias P. Vascular anomalies and the risk of multiple aneurysms development and bleeding. *Interventional Neuroradiology* 2002;8(1):15-20.
17. Merrit, RLP. *Tratado de Neurologia*. 11 ed. Rio de Janeiro: Guanabara; 2007.
18. Nayak SB. Anomalous arteries at the base of the brain – a case report. *Neuroanatomy* 2008;7:45-46.

