

# CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIAÇÕES ANATÔMICAS NO CÍRCULO ARTERIAL DE WILLIS E O ACIDENTE VASCULAR ENCEFÁLICO

*Data de aceite: 26/01/2024*

**Tailla Cristina de Oliveira**

**Lívia Dala Déa Ferreira Pocay**

<https://lattes.cnpq.br/0265098584204063>

**Maria Fernanda Müller Vaz**

<https://lattes.cnpq.br/5901701254969857>

**Marjorie Maria Monteiro Regis**

<http://lattes.cnpq.br/8760703875936214>

**Viviane Aline Buffon**

<https://lattes.cnpq.br/2786849129852599>

**Samir Ale Bark**

<http://lattes.cnpq.br/9220095340723318>

**Gustavo Rassier Isolan**

<http://lattes.cnpq.br/762544380506709>

**Rafaela Fernandes Gonçalves**

<http://lattes.cnpq.br/3103053777347400>

**Ana Cristina Lira Sobral**

<http://lattes.cnpq.br/0245339948911293>

**Guilherme Dorabiallo Bark**

<http://lattes.cnpq.br/3476248304219487>

**Isabela Camilotti**

<http://lattes.cnpq.br/3641636175385127>

**Bruno Ale Bark**

<http://lattes.cnpq.br/6430243200732879>

**Pedro Lucas Beilner Holz**

<http://lattes.cnpq.br/4752204503367682>

**Christian Pontes Gaio**

<http://lattes.cnpq.br/4965746721557817>

**Natalia Silva Lemos**

<http://lattes.cnpq.br/1547050114253215>

**Tallis Henrique de Oliveira**

<https://lattes.cnpq.br/5054793783907012>

**RESUMO: Objetivos:** Revisar a anatomia do Círculo Arterial de Willis (CoW) destacando suas principais variações anatômicas e relacionando-as com possíveis alterações fisiopatológicas capazes de elevar a incidência de Acidentes Vasculares Encefálicos (AVEs) na população geral. **Métodos:** Foi realizada uma revisão bibliográfica anatômica, fisiopatológica e epidemiológica nas bases de dados Pubmed, Scielo e Google Scholar, utilizando-se os descritores: “Circle of Willis”, “Anatomical variations” e “Cerebrovascular accident”. Foi abordada a anatomia clássica do CoW, contemplando, também, as principais variações na vascularização da base do crânio e os

aspectos epidemiológicos e fisiopatológicos correlatos, com destaque à possibilidade de aumento dos riscos de AVEs. **Resultados:** Dada a potencial função do CoW na manutenção do fluxo sanguíneo adequado, frente a processos que comprometem a irrigação cerebral, a associação entre algumas variantes anatômicas locais e o desenvolvimento de uma circulação colateral eficiente demonstraram diminuir os riscos de ataque isquêmico transitório e AVEs, quando em comparação aos riscos desses eventos para pacientes sem o desenvolvimento destas colaterais. Ademais, a maioria das casuísticas descrevem a hipoplasia da artéria comunicante posterior (AcoP) como principal variação encontrada no CoW, sendo seu menor diâmetro associado ao aumento das chances de eventos isquêmicos. A faixa de prevalência de hipoplasia da AcoP relatada foi de 8% a 28,7%. Destaca-se, ainda, a associação entre a persistência de segmentos arteriais fetais relacionados ao mau desenvolvimento de circulação colateral compensatória em quadros oclusivos, o que favorece o desfecho de AVEs. **Conclusões:** Há evidências de que variações na morfologia clássica do CoW podem gerar repercussões clínicas variadas, com destaque aos casos de hipoplasia arterial e persistência de vasos fetais em indivíduos adultos, estando tais variações associadas ao mau desenvolvimento de uma circulação colateral compensatória em quadros oclusivos, levando a déficits extensos nos quadros isquêmicos. Deste modo, o conhecimento anatômico minucioso correlacionado ao entendimento da hemodinâmica cerebral poderá auxiliar na elucidação de questionamentos ainda presentes na comunidade científica acerca de diversas síndromes clínicas, oferecendo possibilidade de intervenções endovasculares e procedimentos neurocirúrgicos abertos mais seguros. Assim, possibilita-se oferecer um prognóstico mais favorável aos pacientes com riscos aumentados de AVEs.

**ABSTRACT: Objectives:** Review the anatomy of the Circle of Willis (CoW), emphasizing its main anatomical variations and linking them to potential physiopathological changes capable of increasing the incidence of stroke in the general population. **Methods:** An anatomical, physiopathological, and epidemiological literature review was conducted using Pubmed, Scielo, and Google Scholar databases. Employing the descriptors “Circle of Willis,” “Anatomical variations,” and “stroke.” The classic anatomy of the CoW was addressed, also covering the main variations in the vascularization of the skull base and related epidemiological and physiopathological aspects, with a focus on the potential increase in stroke risks. **Results:** Given the potential role of the CoW in maintaining adequate blood flow in the face of processes compromising cerebral irrigation, the association between some local anatomical variants and the development of efficient collateral circulation showed a reduction in the risks of transient ischemic attack and strokes compared to patients without the development of these collateral arteries. Additionally, most case studies describe hypoplasia of the posterior communicating artery (PcoA) as the main variation found in the CoW, with its smaller diameter associated with an increased likelihood of ischemic events. The reported prevalence range of PcoA hypoplasia was 8% to 28.7%. Furthermore, there is an association between the persistence of fetal arterial segments related to poor development of compensatory collateral circulation in occlusive conditions, favoring the outcome of strokes. **Conclusions:** There is evidence that variations in the classic morphology of the CoW can lead to diverse circulatory repercussions, particularly in cases of arterial hypoplasia and persistence of fetal vessels in adults. These variations are associated with the poor development of compensatory collateral circulation

in occlusive conditions, leading to extensive deficits in ischemic scenarios. Thus, detailed anatomical knowledge correlated with an understanding of cerebral hemodynamics could assist in elucidating ongoing questions in the scientific community regarding various clinical syndromes, offering the possibility of safer endovascular interventions and open neurosurgical procedures. Consequently, it enables the provision of a more favorable prognosis for patients at increased risk of strokes.

## INTRODUÇÃO

O Círculo de Willis (CoW) é um complexo de anastomoses arteriais que conecta as circulações anterior e posterior, e a de ambos os hemisférios cerebrais, garantindo uma hemodinâmica cerebral eficiente. Sua completude e permeabilidade são essenciais para garantir o fluxo sanguíneo cerebral. A anatomia típica dos livros didáticos é caracterizada por um polígono simétrico composto por uma circulação anterior e outra posterior (DE CARO, 2021), conectadas por artérias comunicantes, compondo um conjunto composto pelas seis principais artérias cerebrais, as artérias carótidas internas e, ainda, a artéria basilar (MUKHERJEE, 2018; MACHADO, 2007). A anatomia das artérias cerebrais tem considerável variação morfológica na população em geral, e um CoW completo está presente em menos de 50% das pessoas (DE CARO, 2021). As variações mais comuns incluem desenvolvimento incompleto (hipoplasia) e ausência (aplasia) de segmentos arteriais (WESTPHAL, 2021). Apenas cerca de 20% dos indivíduos incluídos em estudos anatômicos apresentam a estrutura completa, com ausência de segmentos hipoplásicos (SHAHAN, 2017).

Anatomicamente, a parte anterior do CoW é constituída pela artéria cerebral anterior (ACA), de ambos os lados. Além disso, a artéria comunicante anterior une as ACAs direita e esquerda. Na parte dorsal do CoW, a artéria basilar não pareada divide-se em artérias cerebrais posteriores (PCAs) direita e esquerda e cada uma delas se conecta à artéria carótida interna ipsilateral, através das artérias comunicantes posteriores. As ACAs e as artérias cerebrais médias suprem mais de 80% do cérebro, enquanto o restante do suprimento é fornecido pelas PCAs (OUMER, 2021).

As variações do CoW são clinicamente importantes devido ao seu papel essencial na hemodinâmica cerebral como uma rede anastomótica colateral. Em pacientes com um CoW intacto, mas com doença cerebrovascular aterosclerótica progressiva, a circulação colateral através do Círculo é cedida pelas artérias comunicantes anterior (ACA) e posterior (PCA). Pessoas com circulações colaterais efetivas têm um risco menor de desenvolver Acidente Vascular Encefálico (AVE), em comparação com aquelas com circulações colaterais ineficazes (WESTPHAL, 2021). Em indivíduos com doença aterosclerótica e sem eventos vasculares prévios, a região anterior do CoW incompleta está associada a um maior risco de AVE na circulação anterior, e um risco ainda mais significativo em pessoas com variações anteriores e posteriores combinadas, isto porque as placas ateroscleróticas

tendem a se acumular em troncos, curvaturas e bifurcações arteriais (WANG, 2023).

O CoW conecta os três maiores territórios cerebrais (anterior direito e esquerdo, e posterior). Portanto, a classificação de lesões cerebrais causadas por eventos vasculares é beneficiada se consideradas as variações do CoW, e não apenas o mapeamento cerebral através dos exames de imagem (RANGUS, 2022).

Embora existam estudos sobre as variações da anatomia do Círculo de Willis, não é claro se a presença de variações está associada ao AVE, de maneira semelhante, em estudos de diferentes regiões do mundo (OUMER, 2021). De qualquer maneira, evidencia-se que padrões de fluxo alterados e altas taxas de fluxo colateral são encontrados perto das oclusões em muitos casos de AVE (CHIEN, 2017). Atualmente, problemas relacionados a doenças cerebrovasculares estão aumentando, e o AVE é a quarta principal causa de morte e o evento mais comum de perda de autonomia e qualidade de vida (HAMMING, 2019). Sendo assim, são necessárias evidências sobre a medida combinada de associação entre presença de variações anatômicas no complexo anastomótico de Willis e a predisposição ao Acidente Vascular Encefálico (OUMER, 2021). Desta forma, o presente estudo visou determinar se existe associação entre as variações anatômicas no Círculo de Willis e o AVE, unindo os estudos disponíveis.

## MÉTODO

Para a revisão bibliográfica foram consultados artigos nas bases de dados PubMed, SciELO e Google Scholar, por meio do cruzamento entre os seguintes descritores: “Circle of Willis”, “Anatomical variations” e “Stroke”. Foram selecionados os artigos publicados nos últimos 120 meses, ou seja, de 2013 a 2023. Dessa forma, foram incluídos estudos retrospectivos, artigos originais, pesquisas qualitativas e quantitativas, artigos de revisão sobre o tema e estudos de casos. A pesquisa foi realizada em duas fases: (1) triagem de títulos e resumos: nesta fase, foram excluídos os artigos que não se adequaram à temática abordada; (2) após a triagem dos títulos e resumos, verificou-se a existência de duplicidade dos artigos nas seleções das bases de dados, ou seja, se dois artigos iguais foram selecionados em bases de dados diferentes. Após essas duas etapas, os artigos selecionados foram lidos completamente para a construção desta revisão.

## RESULTADOS

Foram selecionados 16 artigos para a construção desta revisão integrativa. Na base de dados do PubMed foram captados 616 artigos. Na primeira fase da pesquisa, 602 artigos foram excluídos por não se adequarem ao tema deste estudo. 14 artigos foram utilizados nesta pesquisa. A partir do Google Scholar foi selecionado 1 artigo utilizado na pesquisa. Os demais foram excluídos por duplicidade ou por não contemplarem o tema proposto.

Na base de dados SciELO foi encontrado 1 artigo no cruzamento dos descritores “Willis” e “Stroke”, o qual foi utilizado, e seu tema se referia à associação entre o CoW e o risco de AVE em pacientes com doença de artéria carótida (Tabela 1).

<b>TABELA 1: Etapas de seleção dos artigos para a revisão de literatura</b>					
	Total de artigos captados	1ª etapa: exclusão por título e resumo	2ª etapa: exclusão por duplicidade	3ª etapa: leitura na íntegra	Artigos selecionados
Pubmed	616	601	1	14	14
SciELO	1	0	0	1	1
Google Scholar	135	134	0	1	1

Tabela 1: Resultados da seleção dos artigos por etapas:

Entre os artigos selecionados para leitura completa, as principais temáticas encontradas foram a associação entre a variação anatômica no CoW e o Acidente Vascular Cerebral Isquêmico (AVCI), assim como seu impacto; e alterações e/ou oclusão na artéria cerebral posterior fetal (Quadro 1).

<b>QUADRO 1 Artigos captados para a revisão de literatura</b>				
Título do trabalho	Autores	Ano	País	Desenho
Variants of the circle of Willis in ischemic stroke patients	De Caro J,	2021	Alemanha	Artigo original
Association between circle of Willis and ischemic stroke: a systematic review and meta-analysis	Oumer M	2021	Etiópia	Revisão sistemática de literatura
Circle of Willis Configuration and Thrombus Localization Impact on Ischemic Stroke Patient Outcomes: A Systematic Review.	Širvinskas A,	2023	Lituânia	Revisão sistemática de literatura
Circle of Willis variations in migraine patients with ischemic stroke	Hamming AM	2019	Holanda	Artigo original
Reclassifications of ischemic stroke patterns due to variants of the Circle of Willis	Rangus I,	2022	Alemanha	Artigo original
Impact of circle of Willis anatomy in traumatic blunt cerebrovascular injury-related stroke	Shahan CP,	2017	Estados Unidos	Artigo original
Circle of Willis variants and their association with outcome in patients with middle cerebral artery-M1-occlusion stroke	Westphal LP,	2021	Suíça	Artigo original
Analyzing Circle of Willis blood flow in ischemic stroke patients through 3D Stroke Arterial Flow Estimation	Chien A,	2017	Estados Unidos	Artigo original
Completeness of the circle of Willis and risk of ischemic stroke in patients without cerebrovascular disease	van Seeters T	2015	Holanda	Artigo original
The incomplete circle of Willis is associated with vulnerable intracranial plaque features and acute ischemic stroke.	Wang H	2023	China	Artigo original

The Presence of Communicating Arteries in the Circle of Willis Is Associated with Higher Rate of Functional Recovery after Anterior Circulation Ischemic Stroke	Sablić S	2023	Croácia	Artigo original
A Patient-Specific Simulation Based Study	Mukherjee D	2018	Estados Unidos	Artigo Original
Mechanisms of Stroke in Patients with Fetal Posterior Cerebral Artery.	Ryu JC	2022	Amsterdã	Artigo original
Circle of Willis Variants: Fetal PCA. Stroke	Shaban A,	2013	Estados Unidos	Revisão sistemática de literatura
Circle of Willis integrity in acute middle cerebral artery occlusion: does the posterior communicating artery matter?	Sadeh-Gonik U	2023	Israel	Artigo original
Variações anatômicas na porção posterior do polígono de Willis	PEIXOTO, Raiza Luna et al.	2015	Brasil	Artigo original

Estudos sobre as variações anatômicas no CoW identificaram que essa rede anastomótica completa está presente em menos de 50% das pessoas (DE CARO, 2021). Um deles, ainda, mostrou que apenas 20% dos indivíduos analisados apresentaram a rede anastomótica completa e com hipoplasias inexistentes (SHAHAN, 2017).

Um artigo original, de publicação na revista Saúde e Ciência, cita que a variação mais comum da artéria comunicante posterior seria a AcoP fetal (hiperplásica), descrita em grande parte dos casos, seguida pela AcoP hipoplásica (SHABAN, 2013; SADEH-GONIK, 2023; PEIXOTO, 2015). Além disso, relaciona-se a presença da AcoP fetal com os mecanismos do AVE, sua localização e seu padrão de infarto, principalmente devido à diferença de estado hemodinâmico causada pela presença ou ausência dessa variação (RYU, 2022).

Em estudo publicado na BMC Neurociência em 2021, foi relatado que a existência de qualquer variação no CoW representa 1,38 mais probabilidade para o desenvolvimento de AVCI quando comparado ao CoW patente. Esse mesmo estudo menciona ainda que, além da hipoplasia de AcoP, a presença de menor diâmetro da Artéria Comunicante Anterior também é um fator contribuinte (OUMER, 2021).

Foi demonstrada a importância da integridade do CoW para o fluxo colateral em casos de AVCI, auxiliando em prognósticos mais favoráveis, alegando ainda que, quanto maior o território afetado, mais grave será o resultado (SABLIĆ, 2023; ŠIRVINSKAS, 2023;). Identifica-se, além disso, que uma circulação anterior incompleta somada à presença de uma circulação posterior também incompleta, relaciona-se com a existência de um futuro AVE na circulação anterior (VAN SEETERS, 2015).

## DISCUSSÃO

É inquestionável a importância da integridade do CoW para a manutenção da hemodinâmica e funcionamento cerebral. Suas vias colaterais desempenham um papel

essencial, servindo de atalho para o fluxo sanguíneo, principalmente em casos de comprometimento do leito principal, como ocorre na doença aterosclerótica ou no AVE (SADEH-GONIK, 2023).

Foi consenso que as variações anatômicas do CoW e seu potencial de colateralidade contribuem para um menor risco de ocorrência de AVE. Embora o número de estudos específicos sobre o tema seja pequeno, em praticamente todos eles foram encontrados pontos em comum, como a descrição da morfologia clássica do CoW, a existência e os tipos de variações, a chance de ocorrência do AVE em indivíduos com circulação colateral ineficiente ou inexistente, e, ainda, as repercussões do AVE nos pacientes acometidos.

Os artigos destacam a importância da identificação e diferenciação das variações anatômicas nessa rede anastomótica cerebral, para melhor entendimento e manejo de suas vastas repercussões clínicas. Dentre as variações descritas, destacam-se a ACoP fetal hiperplásica (principal variação da artéria comunicante posterior) seguida pela ACoP hipoplásica e, ainda, a diminuição do diâmetro da artéria comunicante anterior. Todas as consequências da existência dessas variações podem implicar em desfechos distintos, favoráveis ou desfavoráveis, a depender de cenários específicos, os quais foram ilustrados por alguns dos artigos utilizados.

Em busca de compreender esse fenômeno e avaliar as intervenções cabíveis, vários dos trabalhos citados no presente estudo relacionam o CoW e os possíveis casos de acometimento do mesmo, como a doença aterosclerótica cerebrovascular e o AVE. Essa associação é utilizada para apontar o papel das variações na disposição de colateralidade do fluxo sanguíneo, principalmente em indivíduos saudáveis, sem eventos cerebrovasculares prévios. No entanto, destaca-se a necessidade de que mais pesquisas sobre a temática da associação entre variações no CoW e o desfecho do AVE sejam realizadas, a fim de avaliar, de maneira mais aprofundada, essa correlação.

## CONCLUSÃO

Os estudos encontrados evidenciam que as variações do CoW são clinicamente importantes devido ao seu papel essencial na hemodinâmica cerebral como uma rede anastomótica colateral.

Alguns estudos evidenciam que pessoas com circulações colaterais efetivas têm um risco menor de desenvolver AVE, em comparação com aquelas com circulações colaterais ineficazes. Em indivíduos com doença aterosclerótica e sem eventos vasculares prévios, a região anterior do CoW incompleta está associada a um maior risco de AVE na circulação anterior, e, ainda, maior risco em pessoas com variações anteriores e posteriores combinadas.

De forma geral, portanto, as pesquisas apontam que existem evidências de que variações na morfologia clássica do CoW podem gerar repercussões clínicas variadas,

estando tais variações associadas ao mau desenvolvimento de uma circulação colateral compensatória em quadros oclusivos, levando a déficits extensos nos quadros isquêmicos.

Entretanto, ainda são poucos os estudos que abordam a temática em questão, fazendo-se necessárias mais pesquisas de base populacional para definir a real prevalência de cada variação anatômica, bem como estudar a relação delas com a incidência de AVEs, a fim de auxiliar na elucidação de questionamentos ainda presentes na comunidade científica acerca do tema, oferecendo a possibilidade de intervenções e procedimentos neurocirúrgicos mais seguros, além de possibilitar um prognóstico mais favorável aos pacientes com riscos aumentados de AVEs.

## REFERÊNCIAS

CHIEN, Aichi; VIÑUELA, Fernando. Analyzing circle of Willis blood flow in ischemic stroke patients through 3D stroke arterial flow estimation. **Interventional Neuroradiology**, v. 23, n. 4, p. 427-432, 2017.

DE CARO, Jolanda et al. Variants of the circle of Willis in ischemic stroke patients. **Revista de Neurologia**, pág. 1-9, 2021.

HAMMING, Arend M. et al. Circle of Willis variations in migraine patients with ischemic stroke. **Brain and Behavior**, v. 9, n. 3, p. e01223, 2019.

MACHADO, Angelo B. M.. Neuroanatomia funcional. 2 São Paulo: Atheneu Editora, 2007, 363 p.

MUKHERJEE, Debanjan et al. The role of circle of Willis anatomy variations in cardio-embolic stroke: A patient-specific simulation-based study. **Annals of biomedical engineering**, v. 46, p. 1128-1145, 2018.

OUMER, Maomé; ALEMAYEHU, Mekuriaw; MUCHE, Abebe. Association between circle of Willis and ischemic stroke: a systematic review and meta-analysis. **Neurociência BMC**, v. 1, pág. 1-12, 2021.

PEIXOTO, Raiza Luna et al. Variações anatômicas na porção posterior do polígono de Willis. **Ciência & Saúde**, v. 8, n. 1, p. 2-6, 2015.

RANGUS, Ida et al. Reclassifications of ischemic stroke patterns due to variants of the Circle of Willis. **International Journal of Stroke**, v. 17, n. 7, p. 770-776, 2022.

RYU, Jae-Chan; KIM, Jong S. Mechanisms of stroke in patients with fetal posterior cerebral artery. **Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases**, v. 8, pág. 106518, 2022.

SABLÍĆ, Sara et al. The Presence of Communicating Arteries in the Circle of Willis Is Associated with Higher Rate of Functional Recovery after Anterior Circulation Ischemic Stroke. **Biomedicines**, v. 11, n. 11, p. 3008, 2023.

SADEH-GONIK, Udi et al. Circle of Willis integrity in acute middle cerebral artery occlusion: does the posterior communicating artery matter? **Revista de Cirurgia NeuroIntervencionista**, 2023.



SHABAN, Amir et al. Circle of Willis variants: fetal PCA. **Stroke research and treatment**, v. 2013, 2013.

SHAHAN, Charles P. et al. Impact of circle of Willis anatomy in traumatic blunt cerebrovascular injury-related stroke. **Cirurgia do trauma e cuidados agudos abortos**, v. 1, 2017.

ŠIRVINSKAS, Audrius et al. Circle of Willis Configuration and Thrombus Localization Impact on Ischemic Stroke Patient Outcomes: A Systematic Review. **Medicina**, v. 59, n. 12, p. 2115, 2023.

VAN SEETERS, Tom et al. Completeness of the circle of Willis and risk of ischemic stroke in patients without cerebrovascular disease. **Neuroradiology**, v. 57, p. 1247-1251, 2015.

WANG, Huiying et al. The incomplete circle of Willis is associated with vulnerable intracranial plaque features and acute ischemic stroke. **Revista de Ressonância Magnética Cardiovascular**, v. 25, n. 1, pág. 1-14, 2023.

WESTPHAL, Laura P. et al. Circle of Willis variants and their association with outcome in patients with middle cerebral artery-M1-occlusion stroke. **European journal of neurology**, v. 28, n. 11, p. 3682-3691, 2021.