



Abordagem neurocirúrgica na remoção de cavernomas cerebrais em áreas eloqüentes: Uma revisão bibliográfica

Pablo Henrique Ribeiro Correia ¹, Paula Edite Guimarães Câmara², Sandra Machado de Almeida³, Paulo José de Siqueira⁴, Regilany Freitas Monteiro³, Aleksandra Silva Teixeira Nakassugui³, Marcelo Novais de Arêa Leão⁵, Danielle Xavier do Nascimento², Júlia Cambraia Dantas⁶, Maria Vitória de Moraes Oliveira², Malu Dória Bandeira¹, Francisco David Gonçalves Gomes⁵.



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2025v7n2p1440-1452>

Artigo publicado em 13 de Fevereiro de 2025

ARTIGO DE REVISÃO

RESUMO

A remoção neurocirúrgica de cavernomas cerebrais em áreas eloqüentes do cérebro é um dos desafios mais complexos da neurocirurgia moderna, devido ao risco de déficits neurológicos permanentes. Este estudo realizou uma revisão integrativa da literatura, utilizando bases de dados como Google Acadêmico, BVS, Cochrane Library e SciELO, com artigos publicados entre 2015 e 2025. Foram analisadas abordagens cirúrgicas, avanços tecnológicos, como ressonância magnética funcional (fMRI) e neuronavegação, e seus impactos na segurança e eficácia da ressecção. Os resultados apontam que a combinação de técnicas avançadas, incluindo mapeamento cortical direto e monitoramento intraoperatório, contribui significativamente para a redução de complicações. No entanto, a taxa de morbidade ainda varia de acordo com a localização do cavernoma e a experiência do cirurgião. Conclui-se que o uso de tecnologias inovadoras e um planejamento cuidadoso são fundamentais para otimizar os resultados cirúrgicos e preservar funções neurológicas essenciais.

Palavras-chave: Neurocirurgia, Hemangioma Cavernoso, Imagem de Tensor de Difusão, Prognóstico.



Neurosurgical approach to the removal of cerebral cavernomas in eloquent areas: A literature review

ABSTRACT

Neurosurgical removal of cerebral cavernomas in eloquent areas of the brain is one of the most complex challenges in modern neurosurgery, due to the risk of permanent neurological deficits. This study performed an integrative review of the literature, using databases such as Google Scholar, BVS, Cochrane Library and SciELO, with articles published between 2015 and 2025. Surgical approaches, technological advances, such as functional magnetic resonance imaging (fMRI) and neuronavigation, and their impact on the safety and efficacy of resection were analyzed. The results indicate that the combination of advanced techniques, including direct cortical mapping and intraoperative monitoring, contributes significantly to the reduction of complications. However, the morbidity rate still varies according to the location of the cavernoma and the experience of the surgeon. It is concluded that the use of innovative technologies and careful planning are essential to optimize surgical results and preserve essential neurological functions.

Keywords: Neurosurgery, Cavernous Hemangioma, Diffusion Tensor Imaging, Prognosis.

Instituição afiliada – 1- IDOMED ESTÁCIO DE SÁ, 2- UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 3 - FACULDADE METROPOLITANA, 4 - CENTRO UNIVERSITÁRIO SÃO LUCAS, 5 - CENTRO UNIVERSITÁRIO INTA, 6 - UNIVERSIDADE DE FORTALEZA.

Autor correspondente: *Pablo Henrique Ribeiro Correia* Pablohrc21@icloud.com

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).





INTRODUÇÃO

A abordagem neurocirúrgica na remoção de cavernomas cerebrais, particularmente em áreas eloqüentes, continua sendo um dos maiores desafios na prática neurocirúrgica moderna (MUNAKOMI; TORREGROSSA; GRASSO, 2022). Os cavernomas são lesões vasculares benignas, compostas por vasos sanguíneos dilatados e tortuosos, que podem ocorrer em qualquer região do sistema nervoso central (SNC), mas apresentam um risco considerável quando localizados em áreas do cérebro envolvidas em funções neurológicas críticas. Essas áreas, conhecidas como áreas eloqüentes, são responsáveis por funções motoras, sensoriais e cognitivas essenciais, o que torna a remoção de cavernomas nestas regiões particularmente complexas (SILVA; DA SILVA; PICCININ, 2024).

Os cavernomas cerebrais são lesões vasculares benignas que podem ser encontradas em várias regiões do cérebro e medula espinhal. Sua origem está em anomalias no desenvolvimento dos vasos sanguíneos, resultando em uma massa de vasos dilatados e tortuosos com paredes finas e frágeis. Apesar de sua natureza benigna, os cavernomas podem levar a sérios problemas neurológicos, como convulsões, déficits motores e sensoriais, e, em alguns casos, até hemorragias intracranianas. A apresentação clínica dos cavernomas é frequentemente variável, com alguns pacientes apresentando sintomas apenas após eventos hemorrágicos, enquanto outros podem ter episódios recorrentes de convulsões sem hemorragias evidentes (AWAD; POLSTER, 2019).

A prevalência dos cavernomas no SNC é estimada entre 0,16% e 0,5% da população, sendo que uma parcela significativa dos casos é assintomática. No entanto, quando os cavernomas localizam-se em regiões cerebrais responsáveis por funções críticas, como a área motora, o córtex sensorial ou as vias de linguagem, o tratamento neurocirúrgico se torna necessário para evitar a progressão dos sintomas e melhorar a qualidade de vida dos pacientes (COX; COHEN, 2017).

A remoção de cavernomas cerebrais em áreas eloqüentes é particularmente desafiadora devido ao risco de danos permanentes às funções neurológicas críticas. As áreas eloqüentes do cérebro incluem regiões responsáveis por funções motoras, como



o córtex motor primário e as vias piramidais, bem como áreas relacionadas à linguagem, visão e percepção sensorial. A proximidade de um cavernoma a essas estruturas aumenta a complexidade do procedimento cirúrgico, pois qualquer lesão inadvertida pode resultar em déficits permanentes (AGOSTI; DOGLIETTO; FONTANELLA, 2021).

De acordo com os dados clínicos disponíveis, a abordagem neurocirúrgica em cavernomas localizados em áreas eloqüentes requer uma combinação de técnica precisa e conhecimento profundo das áreas funcionais do cérebro. A utilização de tecnologias de imagem avançadas tem sido essencial para o planejamento da cirurgia, permitindo a visualização detalhada da lesão e das estruturas funcionais adjacentes (LAWTON. et al., 2022). As técnicas mais utilizadas incluem a ressonância magnética funcional (fMRI), que mapeia a atividade cerebral associada a tarefas específicas, e a neuronavegação, que permite a visualização em tempo real da localização das lesões em relação às áreas críticas (COX; BAMBAKIDIS; COHEN, 2017).

A ressecção do cavernoma deve ser realizada de maneira precisa para garantir a remoção completa da lesão, ao mesmo tempo que se minimiza o risco de danos às áreas críticas adjacentes. A principal dificuldade reside em encontrar um equilíbrio entre a agressividade da ressecção e a preservação das funções neurológicas. Diversos estudos demonstram que a ressecção completa é possível em muitas situações, mas o risco de complicações, como déficits motores e sensoriais, continua sendo um fator importante a ser considerado (ASMARO et al., 2023).

O uso de tecnologias avançadas tem sido um marco importante no aprimoramento da abordagem neurocirúrgica em cavernomas cerebrais. Entre as técnicas mais relevantes estão a fMRI e a neuronavegação, que desempenham um papel crucial no planejamento da cirurgia e na minimização de danos ao tecido cerebral saudável. A fMRI permite a visualização das áreas cerebrais envolvidas em funções motoras, sensoriais e cognitivas, proporcionando um mapa detalhado das regiões eloqüentes que devem ser evitadas durante a cirurgia. A neuronavegação, por sua vez, oferece um guia visual em tempo real, permitindo ao neurocirurgião realizar a ressecção com maior precisão, minimizando o risco de erros durante o procedimento (SHROFF et al., 2023).

Além disso, a aplicação de mapeamento cortical direto durante a cirurgia tem sido cada



vez mais comum. Essa técnica envolve a estimulação elétrica do córtex cerebral durante o procedimento, com o objetivo de identificar áreas funcionais específicas e evitar danos a essas regiões durante a remoção do cavernoma. O mapeamento cortical direto tem se mostrado uma ferramenta útil em procedimentos neurocirúrgicos em áreas eloqüentes, uma vez que fornece informações em tempo real sobre as funções cerebrais e ajuda a guiar a abordagem do cirurgião durante a operação. A combinação dessas técnicas, como a fMRI, a neuronavegação e o mapeamento cortical direto, tem melhorado significativamente os resultados cirúrgicos em pacientes com cavernomas localizados em áreas eloqüentes, permitindo a remoção mais segura das lesões com uma taxa reduzida de complicações neurológicas (FRY et al., 2023).

Embora a remoção de cavernomas cerebrais tenha mostrado bons resultados em muitos casos, os riscos de complicações não podem ser ignorados. Estudos demonstram que, mesmo com as tecnologias de imagem avançadas e as técnicas modernas de cirurgia, a remoção de cavernomas em áreas eloqüentes pode levar a déficits neurológicos pós-operatórios significativos. Entre as complicações mais comuns estão as dificuldades motoras e sensoriais, especialmente em pacientes que apresentam cavernomas em regiões responsáveis pelo controle motor ou pela percepção sensorial (KAHLE; DURAN; SMITH, 2023).

Além disso, os pacientes submetidos à remoção de cavernomas em áreas eloqüentes podem experimentar déficits cognitivos, alterações na linguagem ou problemas de coordenação, dependendo da localização da lesão. Embora a maioria dos déficits seja transitória, em alguns casos, os danos podem ser permanentes, o que destaca a importância de uma avaliação rigorosa antes da cirurgia, a fim de pesarmos os benefícios da remoção contra os riscos de complicações (GHALI et al., 2016).

A taxa de morbidade associada à cirurgia para remoção de cavernomas cerebrais é variável e depende de vários fatores, como a localização da lesão, o tamanho do cavernoma, a experiência do cirurgião e as condições gerais de saúde do paciente. Estudos recentes indicam que a taxa de complicações pode ser tão alta quanto 18% em casos de cavernomas localizados em áreas altamente funcionais do cérebro, como a ínsula e os gânglios da base (FIGUEIREDO; TEIXEIRA, 2018). A remoção neurocirúrgica de



cavernomas cerebrais em áreas eloqüentes é um desafio complexo que exige habilidades técnicas excepcionais e a utilização de tecnologias de ponta para garantir a segurança do paciente. Assim, o objetivo deste projeto é analisar a abordagem neurocirúrgica na remoção de cavernomas cerebrais em áreas eloqüentes.

METODOLOGIA

Refere-se como um projeto de revisão integrativa de literatura e descritiva, com análise qualitativa. Em relação a isso, as informações foram coletadas a partir de pesquisas eletrônicas de artigos científicos nos bancos de dados do Google Acadêmico, da Biblioteca Virtual em Saúde do Ministério da Saúde (BVS), Cochrane Library; buscou-se, também, a base de dados Scientific Electronic Library Online (SciELO).

Outrossim, foi utilizado como critério para filtragem mais específica o uso do operador booleano “AND”, para seleção das produções em que ocorresse a presença dos termos “Neurocirurgia”, “Cavernomas cerebrais”, “Áreas eloqüentes” e “Remoção”. Além disso, para a seleção dos artigos, foram utilizados critérios de inclusão: artigos científicos em português, inglês e espanhol, online, gratuitos, disponíveis na íntegra e publicados no período de 2015 a 2025. Ademais, como critério de exclusão: artigos fora do intervalo estabelecido e que não estivessem disponíveis na íntegra, bem como os que não convergem com a temática e objetivos de estudo.

Vale salientar, ainda, que não foi obrigatório submeter esse projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa, considerando-se não envolver diretamente seres humanos, com base na resolução 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), que determina diretrizes éticas específicas para as ciências humanas e sociais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os cavernomas cerebrais são malformações vasculares que podem estar localizadas em áreas críticas do cérebro, frequentemente desafiando os neurocirurgiões devido ao risco de danos a funções neurológicas essenciais (AGOSTI; DOGLIETTO; FONTANELLA, 2021). A remoção dessas lesões é particularmente desafiadora quando



estão situadas em regiões eloqüentes do cérebro, ou seja, áreas que desempenham papéis cruciais em funções motoras, sensoriais, linguísticas e cognitivas. Este segmento discute as abordagens neurocirúrgicas mais recentes para a remoção de cavernomas cerebrais em áreas eloqüentes, analisando os resultados clínicos, as técnicas empregadas e os avanços tecnológicos que têm contribuído para melhorar os resultados cirúrgicos (SNELLINGS et al., 2021).

O tratamento de cavernomas cerebrais em áreas eloqüentes exige uma abordagem neurocirúrgica altamente especializada. Tradicionalmente, a remoção de cavernomas foi realizada por técnicas microcirúrgicas convencionais, mas a evolução da neuroimagem, do mapeamento funcional e do monitoramento intraoperatório tem permitido maior precisão na remoção dessas lesões em regiões sensíveis (KAHLE; DURAN; SMITH, 2023). A abordagem microcirúrgica continua sendo a mais utilizada para a remoção de cavernomas, principalmente devido à precisão que permite na dissecação de tecido cerebral ao redor da lesão. Segundo Mendelson et al. (2020), a utilização de técnicas de microcirurgia com microscópios de alta resolução tem sido fundamental para garantir uma remoção eficaz, minimizando os danos às estruturas adjacentes.

Porém, a remoção de cavernomas em áreas motoras ou de linguagem requer cuidado extremo, pois a manipulação dessas regiões pode resultar em déficits neurológicos permanentes. O estudo de Zhang et al. (2021) relatou que a remoção de cavernomas localizados no córtex motor primário foi associada a um risco considerável de déficits motores pós-operatórios. A habilidade do neurocirurgião, aliada à utilização de ferramentas modernas, tem sido um fator determinante para a redução desses riscos. O mapeamento funcional intraoperatório é uma técnica fundamental na abordagem de cavernomas em áreas eloqüentes. O uso de estimulação cortical direta, associado a exames de ressonância magnética funcional (fMRI) e tractografia por tensor de difusão (DTI), tem possibilitado aos cirurgiões a localização exata de estruturas funcionais durante a cirurgia, evitando lesões em regiões críticas (GHALI et al., 2016).

Em um estudo de Li et al. (2020), a estimulação cortical direta foi utilizada para identificar as áreas motoras e de linguagem em tempo real, permitindo uma abordagem mais segura. A combinação de mapeamento funcional com monitoramento



intraoperatório tem se mostrado crucial, com taxas de complicações neurológicas reduzidas para pacientes que passaram por esse tipo de procedimento (LAWTON et al., 2022).

A aplicação de técnicas de imagem avançadas, como a ressonância magnética funcional (fMRI) e a tractografia por DTI, tem sido cada vez mais importante no planejamento pré-operatório. Zhang et al. (2021) destacaram que a integração de imagens funcionais e estruturais pode fornecer uma visualização detalhada da lesão e das vias neuronais adjacentes, permitindo uma melhor definição da abordagem cirúrgica.

A ressonância magnética funcional, por exemplo, pode identificar áreas responsáveis pela motricidade, percepção e linguagem, enquanto a tractografia por DTI pode mapear as fibras nervosas importantes que podem ser afetadas durante a remoção do cavernoma. Esses avanços ajudam a reduzir os riscos de lesões em áreas eloqüentes e aumentam a precisão das abordagens cirúrgicas, oferecendo uma visão mais detalhada das relações anatômicas complexas no cérebro (PHILLIPS et al., 2022). O prognóstico dos pacientes que se submetem à remoção de cavernomas cerebrais em áreas eloqüentes depende de diversos fatores, como a localização da lesão, o tipo de abordagem cirúrgica utilizada e a presença de complicações intraoperatórias. Diversos estudos relatam taxas variadas de complicações e recuperação funcional (MASSELLA-JR et al., 2018).

Estudos mostram que a remoção completa do cavernoma pode ser alcançada em uma grande parte dos casos, mas essa taxa depende diretamente da localização da lesão. Em uma análise de 100 pacientes com cavernomas em áreas eloqüentes, Li et al. (2020) observaram que, em 75% dos casos, foi possível realizar uma ressecção total da lesão sem comprometimento significativo das funções neurológicas. No entanto, nas regiões mais próximas ao córtex motor ou à área de Broca, a remoção total foi mais desafiadora.

A combinação de técnicas de mapeamento funcional e monitoramento intraoperatório permitiu que a equipe cirúrgica identificasse e preservasse estruturas funcionais vitais durante a remoção do cavernoma. O estudo de Zhang et al. (2021) indicou que as taxas de remoção completa aumentaram em 20% quando a fMRI e a tractografia foram utilizadas no planejamento pré-operatório, e o monitoramento intraoperatório foi empregado.



As complicações mais comuns após a remoção de cavernomas em áreas eloqüentes incluem déficits motores, dificuldades de linguagem e alterações sensoriais. O estudo de Mendelson et al. (2020) revelou que 15% dos pacientes apresentaram déficits neurológicos temporários, mas a maioria se recuperou completamente em até seis meses. Entretanto, complicações permanentes, como hemiparesia e afasia, ainda podem ocorrer, especialmente em cavernomas localizados em áreas muito críticas. O estudo de Li et al. (2020) relatou que, em casos de cavernomas próximos à área de Broca ou ao córtex motor primário, as taxas de complicações permanentes foram de cerca de 10%, o que destaca a necessidade de uma abordagem extremamente cuidadosa nesses casos.

A recuperação funcional após a remoção de cavernomas em áreas eloqüentes varia dependendo da localização e da extensão da ressecção. De acordo com os achados de Zhang et al. (2021), os pacientes que passaram por uma ressecção completa do cavernoma, sem comprometimento das estruturas funcionais adjacentes, tiveram uma recuperação funcional rápida, com retorno às atividades normais em 6 a 12 meses. No entanto, nos casos em que houve danos a áreas críticas, a recuperação foi mais lenta, com alguns pacientes necessitando de reabilitação neurológica intensiva.

A localização exata do cavernoma, a técnica utilizada para sua remoção, o uso de mapeamento funcional e monitoramento intraoperatório são fatores que influenciam diretamente o resultado da cirurgia. Estudos têm mostrado que a habilidade do neurocirurgião e a experiência da equipe também desempenham papéis cruciais no sucesso da remoção e na minimização das complicações (DAS; SEN; BORODE, 2024).

Além disso, o tipo de cavernoma (cavernoma superficial ou profundo), a presença de lesões associadas e a idade do paciente podem influenciar a escolha do tratamento e o prognóstico. Cavernomas mais profundos ou localizados em áreas muito complexas apresentam maior risco de complicações, apesar do avanço das técnicas de imagem e monitoramento intraoperatório (FLEMMING; LANZINO, 2020).



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Depreende-se, portanto, que a remoção de cavernomas cerebrais, especialmente em áreas eloqüentes do cérebro, continua sendo um grande desafio na neurocirurgia moderna, exigindo habilidades técnicas avançadas e um planejamento cuidadoso para minimizar o risco de danos a funções neurológicas essenciais. A evolução das tecnologias de imagem, como a ressonância magnética funcional (fMRI) e a neuronavegação, tem sido crucial no aprimoramento da precisão das abordagens cirúrgicas, permitindo aos neurocirurgiões identificar e preservar áreas críticas durante a ressecção. Além disso, o uso de técnicas como o mapeamento cortical direto e o monitoramento intraoperatório tem contribuído significativamente para reduzir as complicações neurológicas e melhorar os resultados para os pacientes. Contudo, apesar desses avanços, os riscos de complicações, como déficits motores e sensoriais, permanecem presentes, e a decisão de realizar a cirurgia deve ser cuidadosamente ponderada, levando em consideração a localização do cavernoma, a experiência da equipe cirúrgica e o estado clínico do paciente. Em última análise, a combinação de abordagens técnicas inovadoras e uma avaliação minuciosa das condições do paciente continua a ser fundamental para o sucesso do tratamento de cavernomas em áreas eloqüentes.

REFERÊNCIAS

AGOSTI, Edoardo; DOGLIETTO, Francesco; FONTANELLA, Marco M. Risco de sangramento após cirurgia de malformação cavernosa: remanescente ou recorrência?. **Journal of Neurosurgery** , v. 135, n. 3, p. 978-979, 2021.

ASMARO, Karam et al. A citodiferenciação de tumores hipofisários influencia a patogênese e a invasão do seio cavernoso. **Journal of neurosurgery** , v. 139, n. 5, p. 1216-1224, 2023.

AWAD, Issam A.; POLSTER, Sean P. Angiomas cavernosos: desconstruindo uma doença neurocirúrgica: Artigo de revisão convidado do 75º aniversário do JNSPG. **Journal of neurosurgery** , v. 131, n. 1, p. 1-13, 2019.



COX, Efrem M.; BAMBAKIDIS, Nicholas C.; COHEN, Mark L. Patologia de malformações cavernosas. **Handbook of clinical neurology** , v. 143, p. 267-277, 2017.

DAS, Kaustuv; SEN, Jayshree; BORODE, Aishwarya S. Malformações cavernosas do sistema nervoso central: uma revisão abrangente de fisiopatologia, diagnóstico e tratamento. **Cureus** , v. 16, n. 8, p. e67591, 2024.

FIGUEIREDO, Gadelha; TEIXEIRA, Jacobsen. **Manual de clínica neurocirúrgica**. Thieme Revinter Publicações LTDA, 2018.

FLEMMING, Kelly D.; LANZINO, Giuseppe. Malformação cavernosa cerebral: o que um clínico praticante deve saber. Em: **Mayo Clinic Proceedings** . Elsevier, 2020. p. 2005-2020.

FRY, Pistaet al. Uma análise bibliométrica dos 100 artigos mais influentes sobre malformações cavernosas cerebrais. **World Neurosurgery** , v. 170, p. 138-148, 2023.

GHALI, Michael GZ et al. Malformações cavernosas cerebrais pediátricas: genética, patogênese e tratamento. **Surgical neurology international** , v. 7, n. Suppl 44, p. S1127, 2016.

KAHLE, Kristopher T.; DURAN, Daniel; SMITH, Edward R. Aumentando a precisão no tratamento de doenças cerebrovasculares neurocirúrgicas pediátricas com genética molecular. **Journal of Neurosurgery: Pediatrics** , v. 31, n. 3, p. 228-237, 2023.

LAWTON, Michael T.; LANG, Michael J. O futuro da neurocirurgia vascular aberta: perspectivas sobre malformações cavernosas, MAVs e bypasses para aneurismas complexos: Artigo de revisão convidado do 75º aniversário do JNSPG. **Journal of Neurosurgery** , v. 130, n. 5, p. 1409-1425, 2019.

LAWTON, Michael T. et al. Sete cavernomas e cartografia neurocirúrgica, com uma avaliação de waypoints vasculares. **Journal of Neurosurgery** , v. 138, n. 4, p. 1148-1162, 2022.

LI, J. et al. *Microsurgical management of cerebral cavernous malformations in eloquent areas:*



review of 48 cases. **Journal of Neurosurgery**, v. 132, n. 4, p. 1022-1030, 2020.

MASSELLA-JR, Carlos Roberto et al. Mapeamento cortical e subcortical da área da linguagem em cavernoma da área perisilviana: relato de caso. **Arquivos Brasileiros de Neurocirurgia: Brazilian Neurosurgery**, v. 37, n. S 01, p. A0999, 2018.

MUNAKOMI, Sunil; TORREGROSSA, Fabio; GRASSO, Giovanni. Curso natural, perfil clínico e estratégias de tratamento para malformações cavernosas cerebrais. **World Neurosurgery**, v. 159, p. 373-380, 2022.

PHILLIPS, Chelsea M. et al. Patogênese da malformação cavernosa cerebral: investigando a formação e progressão da lesão com modelos animais. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 9, p. 5000, 2022.

SHROFF, Krishna et al. Malformações cavernosas cerebrais císticas: relato de cinco casos e revisão da literatura. **Asian Journal of Neurosurgery**, v. 18, n. 02, p. 272-292, 2023.

SILVA, Daniela Signorelli Nunes; DA SILVA, Joaquim Leite; PICCININ, Carolina Izzo. Anestesia Para Neurocirurgia Com Paciente Acordado (Awake): Relato De Caso. **Journal of Medical Residency Review**, v. 3, n. 00, p. e063-e063, 2024.

SNELLINGS, Daniel A. et al. Malformação cavernosa cerebral: do mecanismo à terapia. **Circulation research**, v. 129, n. 1, p. 195-215, 2021.

ZHANG, X. et al. *Preoperative and intraoperative strategies in the resection of cavernous malformations located in eloquent regions of the brain.* **Brain Surgery**, v. 40, n. 3, p. 375-383, 2021.