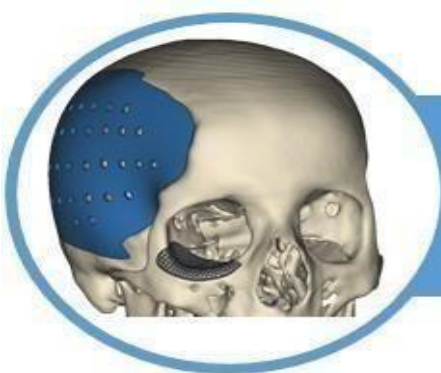




ABORDAGEM ROBÓTICA EM NEUROCIRURGIA PEDIÁTRICA PARA CORREÇÃO DE MALFORMAÇÕES ARTERIOVENOSAS

Gabriel Felipe Lorençato, Eduarda Favaro, Melyssa Noemi da Silva Pereira, Sofia Amanda Mendonça Siqueira Paiva Prado, Samilly Veloso Macedo, Ivya Ferreira Santos Iemos, Camila Nagano Inomoto, Amanda Martins Cordeiro, Miriam Alice Valente Max dos Santos, Lucas Matheus Serianni Silva Lessa, Paulo Roberto Tavares Tavares, Nathália de Castro Gayer, Rafaela Simão, Felipe Ismael Müller, Matheus Henrique Santos Pires.



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n12p1217-1229>

Artigo recebido em 30 de Agosto e publicado em 16 de Dezembro de 2024

REVISÃO DE LITERATURA

RESUMO

Introdução: A abordagem cirúrgica das malformações arteriovenosas cerebrais na pediatria é essencial para o tratamento dessas condições complexas e como na abordagem robótica. Essas anomalias vasculares intracranianas, caracterizadas por conexões anômalas entre artérias e veias, podem resultar em hemorragias cerebrais, convulsões e outros problemas neurológicos debilitantes. **Objetivos:** Revisar as diversas estratégias de tratamento cirúrgico utilizadas para abordar as malformações arteriovenosas cerebrais. **Materiais e Métodos:** A coleta de dados, esta foi conduzida por meio dos bancos de dados: *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO), PubMed, Literatura Latino-Americana do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS). Foram consultados diversos tipos de publicações, incluindo artigos científicos, monografias e revistas, com o objetivo de obter informações relevantes sobre o tema. **Resultados e Discussões:** A eficácia e segurança das estratégias cirúrgicas para tratar malformações arteriovenosas cerebrais. Embora algumas abordagens tenham demonstrado alta taxa de sucesso na resolução das MAVs, outras foram associadas a menos complicações pós-operatórias. Destaca-se a importância da abordagem multidisciplinar e da necessidade de estudos adicionais para avaliar os desfechos a longo prazo. Em suma, os resultados e discussão destacam a necessidade de personalização do tratamento e colaboração interdisciplinar para otimizar os resultados clínicos. **Conclusão:** Em conclusão, este artigo revisou as estratégias cirúrgicas para o tratamento de malformações arteriovenosas cerebrais, destacando a diversidade de abordagens disponíveis e sua relevância clínica. É fundamental reconhecer a importância da personalização do tratamento com base nas características individuais de cada paciente e na colaboração interdisciplinar entre profissionais de saúde. Esperamos que este trabalho contribua para uma melhor compreensão e manejo dessas condições complexas, visando melhorar os resultados clínicos e a qualidade de vida dos pacientes afetados pelas malformações arteriovenosas cerebrais.

Palavras Chaves: Neurocirurgia; Pediatria; Robótica; Malformações .

ROBOTIC APPROACH IN PEDIATRIC NEUROSURGERY FOR CORRECTION OF ARTERIOVENOUS MALFORMATIONS

SUMMARY

Introduction: The surgical approach to cerebral arteriovenous malformations in pediatrics is essential for the treatment of these complex conditions and as in the robotic approach. These intracranial vascular anomalies, characterized by anomalous connections between arteries and veins, can result in brain hemorrhages, seizures, and other debilitating neurological problems. **Objectives:** Review the different surgical treatment strategies used to address cerebral arteriovenous malformations. **Materials and Methods:** Data collection was conducted through the following databases: Scientific Electronic Library Online (SCIELO), PubMed, Latin American Caribbean Literature in Health Sciences (LILACS). Various types of publications were consulted, including scientific articles, monographs and magazines, with the aim of obtaining relevant information on the topic. **Results and Discussions:** The efficacy and safety of surgical strategies to treat cerebral arteriovenous malformations. Although some approaches have demonstrated a high success rate in resolving AVMs, others have been associated with fewer postoperative complications. The importance of a multidisciplinary approach and the need for additional studies to evaluate long-term outcomes are highlighted. In summary, the results and discussion highlight the need for treatment personalization and interdisciplinary collaboration to optimize clinical outcomes. **Conclusion:** In conclusion, this article reviewed surgical strategies for the treatment of cerebral arteriovenous malformations, highlighting the diversity of available approaches and their clinical relevance. It is essential to recognize the importance of personalizing treatment based on the individual characteristics of each patient and interdisciplinary collaboration between healthcare professionals. We hope that this work will contribute to a better understanding and management of these complex conditions, aiming to improve clinical outcomes and quality of life for patients affected by cerebral arteriovenous malformations.

Keywords: Neurosurgery; Pediatrics; Robotics; Malformations

1. INTRODUÇÃO

Aneurismas cerebrais e malformações arteriovenosas (MAVs) são duas das condições vasculares mais desafiadoras do sistema nervoso central. Embora haja avanços no diagnóstico e no tratamento, essas condições ainda representam grande morbidade e mortalidade. Aneurismas cerebrais, que são dilatações anormais em artérias do cérebro, podem resultar em hemorragias graves. Por outro lado, as MAVs são conexões anormais entre artérias e veias no cérebro ou medula espinhal, podendo causar convulsões e outros problemas neurológicos (Júnior *et al.*, 2023).

O tratamento tradicional dessas condições envolve cirurgias abertas, como a clipagem de aneurismas e a ressecção cirúrgica de MAVs, mas esses procedimentos têm alto risco de complicações e recuperação difícil. Recentemente, técnicas endovasculares minimamente invasivas têm recebido mais atenção, incluindo embolização de aneurismas e MAVs, além do uso de stents. Essas técnicas oferecem a vantagem de evitar cirurgias abertas e minimizar danos aos tecidos cerebrais normais (Júnior *et al.*, 2023).

As malformações arteriovenosas (MAVs) são raras, com uma incidência de cerca de 0,89 a 1,34 casos por 100.000 pessoas por ano, mas essa incidência está aumentando devido ao uso crescente de técnicas de imagem mais sensíveis para detectar MAVs assintomáticas. Estima-se que pelo menos 10 em cada 100.000 adultos possam ter MAVs não diagnosticadas. Essas MAVs tendem a ocorrer mais frequentemente em homens e são geralmente identificadas entre as idades de 20 e 40 anos, embora algumas possam permanecer assintomáticas (Silva,).

A causa das MAVs não é totalmente compreendida, mas a teoria mais aceita atualmente é que são congênitas, ocorrendo durante o desenvolvimento embrionário ou fetal. Na maioria dos casos, não são hereditárias, embora casos familiares tenham sido relatados sem que os mecanismos patogénéticos sejam precisamente conhecidos. Durante o desenvolvimento, as MAVs podem crescer, estabilizar ou regredir (Silva, 2015).

Diferentes teorias propõem que as MAVs resultam de anormalidades no desenvolvimento embrionário com a persistência de comunicações entre artérias e veias. Estas teorias incluem a formação anômala de capilares, coalescência de capilares no início do desenvolvimento vascular, disfunção do processo de remodelação nas junções entre capilares e veias, e representação de angiomas venosos cerebrais fistulizados (Novakovic RL *et al.*, 2014).

As MAVs frequentemente afetam os ramos arteriais distais e podem originar-se

após a 29ª semana de gestação. Fisiopatologicamente, a falta de capilares de pequeno diâmetro leva a um aumento do fluxo sanguíneo e dilatação dos vasos no nidus, resultando em estresse hemodinâmico e angiopatia, o que pode causar hemorragias cerebrais, epilepsia e outras complicações (Laakso A & Hernesniemi J, 2014).

A hemorragia cerebral é a apresentação sintomática mais comum das MAVs, seguida pela epilepsia. No entanto, com o aumento do uso de métodos de diagnóstico não invasivos, mais MAVs assintomáticas estão sendo detectadas. Os sintomas podem variar amplamente devido à diversidade anatômica, localização e angioarquitetura das MAVs (Laakso A & Hernesniemi J, 2014).

Dessa forma o objetivo desse estudo busca revisar as diversas estratégias de tratamento cirúrgico utilizadas para abordar as malformações arteriovenosas cerebrais.

2. METODOLOGIA

Este artigo utiliza o método exploratório e analítico de caráter descritivo, empregando a técnica da Revisão Integrativa da Literatura (RIL). A RIL tem como objetivo principal reunir, resumir e analisar os resultados de estudos científicos previamente publicados sobre um tema específico, integrando as informações disponíveis para produzir uma síntese crítica e sistemática do conhecimento acumulado.

Para a coleta de dados, foram utilizados os bancos de dados: Scientific Electronic Library Online (SCIELO), PubMed e Literatura Latino-Americana do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS). Diversos tipos de publicações, como artigos científicos, monografias e revistas, foram consultados para obter informações relevantes sobre o tema.

Os critérios de elegibilidade incluíram artigos originais, revisões sistemáticas, revisões integrativas ou dissertações, desde que estivessem disponíveis gratuitamente e fossem publicados entre 2013 e 2023, sem restrições quanto ao local ou idioma de publicação. Foram excluídos publicações não científicas, textos incompletos, relato de caso e resumos.

A etapa de seleção consistiu em: formular os critérios dentro da pediatria de elegibilidade e inelegibilidade, posteriormente partiu-se para busca das publicações, por meio dos bancos de dados utilizando os descritores e operador booleano, através dessa busca foram encontrados os estudos que irão compor os resultados dessa pesquisa. Para a busca das obras foram utilizadas as palavras-chaves presentes nos descritores em Ciências da Saúde (DeCS): em português: “*Neurocirurgia endovascular*”, “*Aneurismas cerebrais*”, “*Malformações Arteriovenosas*”.

Como critérios de inclusão, foram considerados artigos originais, que abordassem o tema pesquisado e permitissem acesso integral ao conteúdo do estudo, publicados no período de 2016 a 2023, em português.

Assim, foram encontrados 62 artigos, entretanto com os critérios de ilegitimidade foram excluídos 22 artigos, dessa forma totalizara-se 17 artigos científicos para a revisão narrativa da literatura, com os descritores apresentados acima.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Fisiopatologia Malformações Arteriovenosas Cerebrais

O aneurisma cerebral é uma condição vascular em que uma parte do vaso sanguíneo no cérebro se alarga de forma anormal devido ao enfraquecimento de sua parede. Geralmente, não está presente ao nascimento, mas se desenvolve ao longo da vida, com certos fatores genéticos aumentando a suscetibilidade. Esses aneurismas podem não apresentar sintomas, especialmente os pequenos, mas aqueles com um colo mais largo podem causar dor de cabeça, dor facial e problemas de visão (Silva, 2013).

Se ocorrer ruptura, os sintomas comuns incluem uma súbita e intensa dor de cabeça, rigidez do pescoço, náuseas, vômitos e até perda de consciência. Sua incidência é mais alta em adultos, especialmente entre a quarta e a quinta décadas de vida, e é mais comum em mulheres. Fatores como aterosclerose e hipertensão arterial podem contribuir para seu desenvolvimento. Existem diferentes tipos de aneurismas, sendo os mais comuns os saculares, que são bolsas que se formam nas bifurcações das artérias cerebrais, e os fusiformes, que são dilatações alongadas das grandes artérias (Peres, 2017).

Além disso, existem aneurismas traumáticos, micóticos e gigantes, cada um com suas características e complicações específicas. A maioria dos aneurismas está localizada na circulação anterior do cérebro, com locais específicos incluindo o Polígono de Willis e outras áreas importantes. Os aneurismas podem ser classificados como rotos ou não rotos, sendo os primeiros uma emergência médica devido ao risco aumentado de ruptura adicional e hemorragia subaracnóide. Embora muitos aneurismas sejam assintomáticos, a ruptura pode levar a sérios problemas, incluindo morte (Peres, 2017).

A maioria dos aneurismas intracranianos está localizada na circulação anterior do cérebro, principalmente no Polígono de Willis. Além disso, existem aneurismas não rotos

que podem apresentar sinais como neuropatia do nervo oculomotor, perda visual ou cefaleia. As complicações da ruptura de um aneurisma são graves, com alta mortalidade e incidência de sequelas neurológicas (Junior *et al.*, 2023).

O tratamento ideal dos aneurismas cerebrais depende das características do paciente, da anatomia do aneurisma e da habilidade do profissional médico. As opções de tratamento incluem cirurgia convencional, embolização endovascular ou uma combinação de ambos. A escolha entre os métodos depende de vários fatores, como idade do paciente, tamanho e localização do aneurisma, entre outros. As técnicas endovasculares têm se tornado mais comuns e parecem estar associadas a uma menor morbidade e mortalidade em comparação com a cirurgia convencional, especialmente em aneurismas pequenos (Fahed, R. *et al.*, 2019).

No entanto, a decisão sobre o tratamento a ser realizado pode variar entre os médicos, dependendo de sua experiência, preferências pessoais e disponibilidade de recursos. Portanto, é importante avaliar e comparar as diferentes abordagens no tratamento de aneurismas cerebrais para garantir o melhor resultado para cada paciente (Fahed, R. *et al.*, 2019).

As malformações arteriovenosas (MAVs) cerebrais apresentam um desafio significativo para médicos e cirurgiões devido à sua complexidade. Embora a cirurgia para remoção tenha sido tradicionalmente preferida, o tratamento endovascular surgiu como uma alternativa menos invasiva, especialmente para MAVs consideradas de alto risco ou inoperáveis. Esse tipo de tratamento geralmente envolve a embolização, onde um agente embolizante é injetado por um cateter diretamente na MAV. Esses agentes bloqueiam o fluxo sanguíneo na MAV, o que pode levar à sua diminuição ou até mesmo à regressão (Spears, J. *et al.*, 2019).

Estudos têm demonstrado a eficácia da embolização endovascular no tratamento de MAVs cerebrais. Por exemplo, alguns estudos observaram altas taxas de sucesso na obliteração completa das MAVs, com baixos índices de complicações graves. No entanto, esse método também apresenta suas limitações e riscos, como a possibilidade de hemorragia, trombose e complicações neurológicas, além da preocupação com a recanalização da MAV após o procedimento (Tanweer, O. *et al.*, 2017).

Recentemente, houve interesse crescente no uso de stents para o tratamento de MAVs cerebrais, visando desviar o fluxo sanguíneo longe da anomalia. Além disso, o uso de agentes embolizantes líquidos, como o n-butil-cianoacrilato (NBCA) e os polímeros

de álcool polivinílico (PVA), tem se mostrado promissor. Estudos têm comparado o NBCA e o PVA, destacando suas vantagens e desvantagens, incluindo taxas de oclusão completa da MAV e incidência de complicações isquêmicas (Parkhutik, V. *et al.*, 2016).

O tratamento das pessoas com aneurismas intracranianos (AINR) pode seguir abordagens conservadoras, cirúrgicas ou endovasculares. A abordagem conservadora envolve monitoramento regular do tamanho do aneurisma por meio de imagens, sem intervenções diretas, sendo preferida quando os riscos do procedimento superam os benefícios. A terapia médica para aneurismas não rompidos evoluiu, com destaque para o uso de aspirina, que ajuda a reduzir a inflamação e tem efeitos antiplaquetários (Parkhutik, V. *et al.*, 2016)

A clipagem microcirúrgica é uma técnica estabelecida que permite a remoção direta do aneurisma após uma abertura no crânio. Apesar de eficaz na oclusão completa do aneurisma, pode estar associada a riscos como déficits neurológicos e infecções (Morais, D. *et al.*, 2019).

A embolização endovascular é uma abordagem menos invasiva, onde o aneurisma é preenchido com molas para evitar sua ruptura. Apesar de reduzir os riscos de procedimentos abertos, pode ter desvantagens, como recorrência do aneurisma e complicações durante o procedimento (Morais, D. *et al.*, 2019).

A escolha entre as opções terapêuticas depende do tamanho, localização e anatomia do aneurisma, sendo a cirurgia preferida para aneurismas em pacientes jovens da circulação anterior e a embolização endovascular para pacientes idosos com aneurismas da circulação posterior. No entanto, qualquer intervenção nas artérias intracranianas pode ter riscos de comprometer o fluxo sanguíneo cerebral e causar novos déficits neurológicos (Zhang, J. *et al.*, 2018).

A padronização da abordagem em situações desafiadoras de escolha de tratamento para aneurismas cerebrais é uma área pouco explorada. A decisão sobre a melhor opção terapêutica é influenciada por vários fatores, incluindo características do aneurisma, condições clínicas do paciente, recursos disponíveis e experiência do profissional (Morais, D. *et al.*, 2019).

É crucial estabelecer diretrizes claras para o tratamento de aneurismas intracranianos, visando ao pronto atendimento de casos de ruptura e à melhoria da sobrevida dos pacientes. Isso requer uma colaboração estreita entre especialistas em neurologia, neurocirurgia e neurointensivismo, em ambientes hospitalares equipados com unidades de terapia intensiva (Silva, 2015).

O objetivo primordial do tratamento de aneurismas é garantir sua oclusão completa, imediata e permanente, preservando a integridade das artérias principais e suas ramificações. Atualmente, as opções terapêuticas mais comuns são a clipagem cirúrgica e a embolização endovascular (Morais, D. *et al.*, 2019).

Embora a clipagem cirúrgica tenha sido tradicionalmente preferida, avanços na imagem, cuidados pré-operatórios e técnicas endovasculares têm levado a um aumento no uso da embolização endovascular. Estudos, como o International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT), demonstraram benefícios significativos da embolização endovascular, especialmente, em pacientes com aneurismas rotos (Parkhutik, V. *et al.*, 2016).

No entanto, a embolização endovascular pode apresentar desafios, como a baixa taxa de oclusão completa do aneurisma e o risco de recanalização e ressangramento. Além disso, apesar dos avanços tecnológicos, ainda existem riscos associados à morbidade e mortalidade, destacando a importância de uma cuidadosa avaliação de cada caso (Tanweer, O. *et al.*, 2017).

As técnicas endovasculares minimamente invasivas, como a embolização e o uso de stents, revolucionaram o tratamento de diversas condições vasculares, incluindo aneurismas cerebrais e malformações arteriovenosas (MAVs) (Peres, 2017).

A embolização endovascular envolve a inserção de um cateter através de uma artéria periférica, que é guiado até o local da anomalia vascular no cérebro. Uma vez posicionado, um agente embolizante, como molas ou agentes líquidos, é liberado para preencher o espaço dentro do aneurisma ou MAV, interrompendo o fluxo sanguíneo para a área afetada. Isso promove a formação de um coágulo e eventualmente leva à oclusão do vaso anormal, reduzindo, assim, o risco de sangramento ou outros sintomas associados (Zhao, J. *et al.*, 2021).

Já o uso de stents em procedimentos endovasculares para tratamento de aneurismas cerebrais é uma abordagem mais recente e inovadora. Os stents são dispositivos metálicos que podem ser implantados dentro do vaso sanguíneo para

reforçar sua estrutura e direcionar o fluxo sanguíneo de forma controlada, afastando-o do aneurisma. Isso ajuda a prevenir a ruptura do aneurisma e promove a cura ao facilitar a formação de um coágulo dentro do vaso enfraquecido (Tanweer, O. *et al.*, 2017).

Ambas as técnicas oferecem vantagens significativas em relação aos métodos tradicionais, como a cirurgia aberta. Elas são menos invasivas, o que resulta em menor tempo de recuperação, menos complicações e menor tempo de internação hospitalar para os pacientes. Além disso, essas abordagens permitem tratamento de aneurismas ou MAVs de forma mais precisa e direcionada, com taxas de sucesso cada vez mais altas (Zhao, J. *et al.*, 2021).

No procedimento endovascular cerebral, o paciente é preparado para o procedimento, geralmente com anestesia local ou geral, dependendo da preferência do paciente e da complexidade do caso. Durante a preparação, são realizados exames de imagem detalhados, como angiografia cerebral, para mapear a anatomia vascular e guiar o procedimento. Um pequeno cateter é inserido em uma artéria periférica, geralmente na virilha ou no pulso, e é avançado através do sistema arterial até atingir a região do cérebro afetada pelo aneurisma ou pela MAV. Isso é feito sob orientação de imagens de angiografia. Usando técnicas de imagem em tempo real, como fluoroscopia ou angiografia digital, o cirurgião ou o intervencionista vascular navega com precisão o cateter até o local da anomalia vascular no cérebro. Dependendo da natureza da lesão vascular, o médico realiza uma das seguintes intervenções: embolização ou implantação de Stent (Peres, 2017).

Riscos dos Procedimentos Cirúrgicos

O tratamento das MAVs cerebrais, embora essencial para prevenir complicações graves, como hemorragias intracranianas, pode apresentar uma série de riscos e complicações significativas. Tanto a abordagem cirúrgica quanto a endovascular têm suas próprias considerações em termos de riscos e benefícios (Zhao, J. *et al.*, 2021).

A embolização endovascular, que envolve a injeção de um agente embolizante na MAV para bloquear o fluxo sanguíneo, é uma técnica minimamente invasiva, mas não está isenta de riscos. Durante o procedimento, há o risco de hemorragia intracraniana se a MAV se romper, o que pode levar a complicações graves e até mesmo à morte. Além disso, a recanalização da MAV após a embolização é uma preocupação, pois pode resultar na recorrência da MAV e na necessidade de procedimentos adicionais (Tanweer, O. *et al.*,

2017).

Por outro lado, a ressecção cirúrgica da MAV, realizada por meio de uma craniotomia, também apresenta seus próprios riscos. A cirurgia cerebral é intrinsecamente arriscada e pode resultar em complicações como sangramento, infecção, danos aos tecidos cerebrais circundantes e déficits neurológicos permanentes, dependendo da localização da MAV e da complexidade do procedimento. Além disso, há sempre o risco de complicações anestésicas associadas à cirurgia cerebral. Outras complicações que podem surgir após o tratamento incluem edema cerebral, que é o inchaço do cérebro devido à resposta inflamatória ao trauma cirúrgico ou embólico. Isso pode causar sintomas como dor de cabeça, confusão, náusea e vômito, e pode exigir tratamento adicional para controlar (Parkhutik, V. *et al.*, 2016).

Portanto, antes de decidir sobre o tratamento de uma MAV cerebral, os pacientes devem ser cuidadosamente avaliados quanto aos riscos e benefícios de cada opção terapêutica, levando em consideração sua condição clínica, a localização e o tamanho da MAV, bem como sua preferência pessoal. É essencial que os pacientes discutam abertamente suas preocupações e dúvidas com suas equipes médicas para tomar uma decisão informada e individualizada sobre seu cuidado (Novakovic RL *et al.*, 2014).

A cirurgia endovascular em doenças neurológicas é uma subespecialidade médica que utiliza técnicas minimamente invasivas baseadas em cateteres e imagem radiológica para diagnosticar e tratar uma variedade de condições do sistema nervoso, cabeça, pescoço, coluna e seus vasos sanguíneos associados. Este campo requer habilidades técnicas específicas e um profundo entendimento da anatomia e fisiologia do sistema nervoso, bem como da aplicação de técnicas endovasculares (Souza, 2020).

Os procedimentos endovasculares no sistema nervoso são altamente complexos e desafiadores. Os médicos que desejam se especializar nessa área devem adquirir competência técnica no acesso aos vasos sanguíneos cerebrais e da medula espinhal, bem como na realização de angiografias. Esses procedimentos exigem precisão e destreza, pois os profissionais devem manipular cuidadosamente os cateteres e outras ferramentas dentro dos vasos sanguíneos em um ambiente tridimensional (Costa, 2018).

Os simuladores são uma ferramenta valiosa no treinamento de profissionais em cirurgia endovascular. Eles permitem que os médicos em treinamento aprimorem suas habilidades técnicas em um ambiente seguro e oferecem uma plataforma para

colaboração entre médicos e a indústria no desenvolvimento de novos dispositivos e técnicas. A incorporação de modelos de simulação baseados em computador pode complementar o treinamento prático e fornecer feedback imediato aos usuários, ajudando a melhorar a segurança do paciente e refinando as habilidades cirúrgicas (Day *et al.*, 2017).

Diversas teorias de aprendizagem explicam o desenvolvimento de habilidades em cirurgia, destacando a importância do treinamento progressivo e da prática repetitiva. A aquisição de habilidades psicomotoras requer a passagem por diferentes estágios, desde a compreensão cognitiva da tarefa até a automação dos movimentos. Além disso, estudos demonstraram que a experiência prévia em videogames pode ter um impacto positivo no desempenho em procedimentos endovasculares, fornecendo aos indivíduos habilidades visuoespaciais e capacidade de tomada de decisão rápida (Lan *et al.*, 2016).

Em resumo, a cirurgia endovascular em doenças neurológicas é um campo complexo que requer um extenso treinamento e desenvolvimento de habilidades técnicas. A utilização de simuladores e abordagens de aprendizagem progressiva pode ajudar os profissionais a adquirir as habilidades necessárias para realizar esses procedimentos com segurança e eficácia (Lan *et al.*, 2016).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em resumo, a abordagem cirúrgica das malformações arteriovenosas cerebrais é um aspecto crucial no manejo dessas condições complexas. Este artigo destacou a diversidade de estratégias cirúrgicas disponíveis, ressaltando a importância da seleção adequada da técnica com base nas características individuais do paciente. Além disso, enfatizou-se a necessidade de uma abordagem multidisciplinar e colaborativa para garantir os melhores resultados clínicos.

Embora existam variações na eficácia e na segurança das diferentes abordagens cirúrgicas, é evidente que a personalização do tratamento é fundamental para otimizar os desfechos dos pacientes. Através da integração de avanços tecnológicos, experiência clínica e trabalho em equipe, podemos continuar a aprimorar as estratégias cirúrgicas para o tratamento das malformações arteriovenosas cerebrais, melhorando, assim, a qualidade de vida e prognóstico dos pacientes afetados por essa condição desafiadora.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, G. O. F. **Modelo de treinamento para avaliar a progressão da competência na**

realização de nós e pontos em simulação de cirurgia laparoscópica. 2018. 124 f. Tese (Doutorado em Ciências Médico-Cirúrgicas) - Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

DAY, A. L. et al. Training standards in neuroendovascular surgery: program accreditation and practitioner certification. **Stroke.** v. 48, p. 2318-25). 2017.

FAHED, R. et al. The introduction of stents and flow diverters in the management of brain arteriovenous malformations: something worth trying?. **J NeuroIntervent Surg**, v. 11, n. 3, p. 310-312, 2019.

JÚNIOR, Ademar Bretas *et al.* Avanços na neurocirurgia endovascular: tratamento de aneurismas cerebrais e malformações arteriovenosas (MAVs) por cateterismo. **Brazilian Journal of Health Review**, [S. l.], v. 6, n. 4, p. 19192-19203, 29 ago. 2023.

Laakso A, Hernesniemi J. Arteriovenous malformations: epidemiology and clinical presentation. *Neurosurg Clin N Am.* **Elsevier Inc**; v.23, n.1, p.1–6, 2014.

LAN Q. CHEN, et al. Development of three-dimensional printed Craniocerebral models for simulated neurosurgery. **World Neurosurg.** V. 91:434-442, 2016.

MORAIS, D. et al. Endovascular treatment of cerebral aneurysms: Review of current practices. **World Neurosurgery**, v. 123, p. 133-148, 2019.

Novakovic RL, Lazzaro M a, Castonguay a C, Zaidat et al OO. The Diagnosis and Management of Brain Arteriovenous Malformations. **Neurol Clin**; v.31, n.3, p.749–63, 2014.

PARKHUTIK, V. et al. Long-term outcome after arterial embolization for unruptured cerebral arteriovenous malformations. **J Neurosurg**, v. 125, n. 2, p. 423-430, 2016.

PERES, Carlos Michel Albuquerque. **Malformações Arteriovenosas Encefálicas:** Impacto da Angioarquitetura Nidal no Resultado do Tratamento Radiocirúrgico Isolado ou Procedimento de Embolização. 2017. 106 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, [S. l.], 2017.

SILVA, Beatriz Carneiro Gondim. **Condutas no tratamento de aneurismas cerebrais: Concordância entre neurologistas**. 2013. 39 f. Monografia (Especialização) - Universidade Federal da Bahia, [S. l.], 2013.

SILVA, CÉSAR EMANUEL DA FONTE BARATA DA. **MALFORMAÇÕES ARTERIOVENOSAS CEREBRAIS - IMPACTO DAS DIFERENTES OPÇÕES TERAPÊUTICAS**. 2015. 52 f. Mestrado Integrado em medicina (Mestrado) - Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, [S. l.], 2015.

SOUZA, João Renato Figueiredo. **DESENVOLVIMENTO DE UM SIMULADOR DE TÉCNICA ENDOVASCULAR PARA APRENDIZADO DE NEURORRADIOLOGIA**. 2020. 51 f. Dissertação Mestrado (Especialização) - Centro Universitário Christus, [S. l.], 2020.

SPEARS, J. et al. Cerebral aneurysms treated with flow-diverting stents: computational models with intravascular blood flow measurements. **Am J Neuroradiol**, v. 40, n. 4, p. 687-692, 2019.

TANWEER, O. et al. A comparative review of the hemodynamics and pathogenesis of cerebral and abdominal aortic aneurysms: lessons to learn from each other. **J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg**, v. 19, n. 4, p. 335-349, 2017.

ZHANG, J. et al. Coagulopathy induced by traumatic brain injury: systemic manifestation of a localized injury. **Blood**, v. 131, n. 18, p. 2001-2006, 2018.

ZHAO, J. et al. Current treatment strategies for intracranial aneurysms: An overview. **Angiology**, v. 72, n. 1, p. 9-22, 2021.