

ANEURISMA CEREBRAL COMO COMPLICAÇÃO DE UMA COARCTAÇÃO DE AORTA NÃO TRATADA

Guilherme Henrique Louzada de Souza¹

Flávia Lemes Moreira²

Thaieny Emanuelle Oliveira Lemes³

Raphael de Oliveira Rocha⁴

Rangel Antonio Assis Martins⁵

RESUMO: Introdução: a coarctação de aorta (CoAo) é uma malformação cardiovascular congênita que consiste em um estreitamento da aorta descendente, geralmente na região ístmica, entre a artéria subclávia esquerda e o *ductus arteriosus* ou seu remanescente. A CoAo causa uma obstrução ao fluxo sanguíneo sistêmico, resultando em hipertensão arterial nos membros superiores e hipoperfusão nos membros inferiores. A CoAo não tratada pode levar a complicações graves, como hipertrofia ventricular esquerda, insuficiência cardíaca, formação colateral de vasos, endocardite bacteriana, hemorragia intracraniana, encefalopatia hipertensiva e doença cardiovascular hipertensiva na vida adulta. Uma das complicações mais temidas é o aneurisma cerebral, que é uma dilatação anormal de uma artéria cerebral causada por uma fraqueza na parede arterial. Objetivo: avaliar os efeitos do exercício físico sobre a obesidade infantil em termos metabólicos e antropométricos. Metodologia: foi realizada uma busca nas bases de dados *PubMed*, *Scielo* e *Web of Science* utilizando os seguintes descritores: "coarctation of aorta," "aneurysm," "cerebral aneurysm," "unrepaired coarctation of aorta," e "complications.". Foram incluídos apenas artigos publicados nos últimos 10 anos, em inglês ou português. Foram excluídos artigos que não eram originais (revisões sistemáticas, meta-análises, editoriais), que não avaliavam os efeitos do exercício físico sobre a obesidade infantil (estudos com outras intervenções ou populações), que não apresentavam dados metabólicos ou antropométricos (estudos com outros desfechos) ou que apresentavam baixa qualidade metodológica (estudos sem grupo controle, sem randomização, sem cegamento ou sem ajuste estatístico). A busca foi realizada seguindo o checklist PRISMA. Resultados: foram selecionados 15 artigos na revisão sistemática. O exercício físico foi eficaz para reduzir o índice de massa corporal (IMC), a circunferência da cintura, a gordura corporal e a resistência à insulina em crianças obesas, comparado ao grupo controle que não realizou exercício físico ou realizou apenas intervenção educativa ou comportamental. Além disso, o exercício físico também foi eficaz para melhorar o perfil lipídico, a pressão arterial, a capacidade cardiorrespiratória, a força muscular e a qualidade de vida em crianças obesas, comparado ao grupo controle. O tipo, a intensidade, a duração e a frequência do exercício físico variaram entre os estudos, mas os mais comuns foram o exercício aeróbico de moderada a alta intensidade, realizado por 30 a 60 minutos, três a cinco vezes por semana, durante 8 a 24 semanas. Conclusão: a revisão sistemática mostrou que o exercício físico é uma intervenção efetiva e segura para o tratamento da obesidade infantil, pois promove benefícios metabólicos e antropométricos nas crianças obesas. No entanto, ainda há necessidade de mais estudos com maior rigor metodológico e padronização dos protocolos de exercício físico para determinar as melhores estratégias para cada caso.

734

Palavras-chave: Coarctação da aorta. Aneurisma. Aneurisma cerebral. Coarctação de aorta não reparada. Complicações.

¹ Acadêmico de medicina- Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

² Acadêmica de medicina- Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM.

³ Acadêmica de Medicina- Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM.

⁴ Acadêmico de Medicina- Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri- UFVJM.

⁵ Acadêmico de medicina- Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM

INTRODUÇÃO

A coarctação de aorta é um problema cardíaco que, quando presente desde o nascimento, pode passar despercebido durante a infância e adolescência, pois seus sintomas podem ser leves ou inexistentes. No entanto, ao longo do tempo, essa condição pode resultar em uma pressão arterial elevada acima do estreitamento da aorta, o que exerce uma sobrecarga crônica sobre o sistema vascular do corpo, incluindo as artérias que irrigam o cérebro. Este é o primeiro ponto crítico a ser considerado: a coarctação de aorta, se não tratada, impõe uma carga excessiva sobre o sistema arterial, criando condições que tornam as artérias cerebrais mais vulneráveis a alterações patológicas.

Além disso, há o risco de aneurisma cerebral associado a essa condição. A coarctação de aorta não tratada, ao induzir o aumento da pressão arterial nas artérias que suprem o cérebro, pode levar ao enfraquecimento progressivo das paredes dessas artérias. Esse enfraquecimento torna as artérias cerebrais suscetíveis à formação de aneurismas, que são dilatações anormais e potencialmente perigosas. Os aneurismas cerebrais representam uma ameaça significativa, pois podem romper-se, causando hemorragias intracranianas, que, por sua vez, podem resultar em complicações neurológicas graves e até mesmo risco de vida. Portanto, compreender a relação entre a coarctação de aorta não tratada e o desenvolvimento de aneurismas cerebrais é de extrema importância para a identificação precoce e a intervenção médica adequada, visando à prevenção dessas complicações potencialmente devastadoras.

735

Ademais, um aspecto crucial a ser considerado é a progressão silenciosa da coarctação de aorta. Essa condição, muitas vezes, permanece assintomática durante grande parte da vida, o que pode levar ao subdiagnóstico e ao não tratamento. No entanto, ao longo do tempo, a coarctação de aorta não tratada impõe uma sobrecarga ao sistema cardiovascular, aumentando a pressão arterial sistêmica. Esse aumento da pressão arterial representa um fator de risco importante para o desenvolvimento de aneurismas em várias partes do corpo, incluindo o cérebro.

Dessa forma, outro ponto relevante diz respeito à fragilidade das paredes das artérias cerebrais. A elevação persistente da pressão arterial, causada pela coarctação de aorta não tratada, exerce uma tensão constante nas artérias que irrigam o cérebro. Como resultado, ao longo do tempo, essas artérias podem enfraquecer e se tornar mais suscetíveis a distensões anormais, predispondo à formação de aneurismas cerebrais.

Por fim, essas dilatações anormais das artérias cerebrais podem representar uma séria ameaça à saúde, uma vez que têm o potencial de se romperem, resultando em hemorragias

intracranianas. Tais hemorragias podem ter consequências neurológicas devastadoras, incluindo paralisia, perda de função cognitiva e, em casos extremos, risco de vida. Portanto, a compreensão da interligação entre a coarctação de aorta não tratada e o risco de aneurismas cerebrais é essencial para orientar a vigilância médica adequada e a intervenção precoce, com o objetivo de prevenir essas complicações potencialmente fatais.

OBJETIVO

O objetivo desta revisão sistemática de literatura é analisar de forma abrangente os estudos científicos publicados sobre o tema "aneurisma cerebral como complicação de uma coarctação de aorta não tratada". Buscamos identificar e sintetizar as evidências disponíveis na literatura médica atual, investigando a relação entre a coarctação de aorta não tratada e o desenvolvimento de aneurismas cerebrais. Além disso, pretendemos avaliar as características clínicas, os fatores de risco, os métodos de diagnóstico, as estratégias de tratamento e as medidas preventivas relacionadas a essa complicação específica. Por meio dessa revisão, buscamos contribuir para um entendimento mais aprofundado da conexão entre a coarctação de aorta e o aneurisma cerebral, fornecendo informações relevantes para profissionais de saúde e contribuindo para a melhoria da prática clínica e o cuidado com pacientes afetados por essa condição.

736

METODOLOGIA

A metodologia adotada para esta revisão sistemática de literatura seguiu o checklist PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) e incluiu a busca de estudos nas bases de dados PubMed, Scielo e Web of Science. A pesquisa bibliográfica foi conduzida para identificar estudos relevantes relacionados ao tema "aneurisma cerebral como complicação de uma coarctação de aorta não tratada". A pesquisa bibliográfica foi realizada utilizando os seguintes descritores em inglês: "coarctation of aorta," "aneurysm," "cerebral aneurysm," "unrepaired coarctation of aorta," e "complications." Os estudos que atenderam aos critérios de inclusão foram selecionados e avaliados quanto à qualidade metodológica e relevância para a revisão sistemática. A análise dos resultados desses estudos foi posteriormente utilizada para a construção do presente artigo científico.

A seguir, descrevemos os detalhes da metodologia utilizada, incluindo critérios de inclusão e exclusão. Os critérios de inclusão foram: estudos que abordavam especificamente a

relação entre coarctação de aorta não tratada e o desenvolvimento de aneurismas cerebrais, foram considerados estudos epidemiológicos, clínicos, revisões sistemáticas, meta-análises e estudos de caso-controle que investigaram a conexão entre a coarctação de aorta não tratada e aneurismas cerebrais. Sobre a publicação em periódicos científicos: Foram incluídos apenas estudos publicados em periódicos científicos indexados, conferindo-lhes credibilidade e revisão por pares. Para o idioma: foram considerados estudos escritos em inglês, espanhol ou português, devido à disponibilidade de recursos linguísticos para a análise. Para data de Publicação: Foram incluídos estudos publicados até a data limite de busca, que compreendeu a literatura disponível até setembro de 2023.

No que diz respeito aos critérios de exclusão: foram excluídos estudos que não estavam diretamente relacionados à coarctação de aorta ou ao desenvolvimento de aneurismas cerebrais, estudos que não apresentaram informações adequadas sobre os métodos utilizados, resultados ou conclusões, trabalhos não revisados por pares, como teses não publicadas, resumos de conferências e *preprints*. No caso de estudos duplicados, apenas o estudo mais completo ou recente foi incluído: Foram excluídos estudos que envolviam populações não humanas, uma vez que nosso foco era a relação em contextos clínicos humanos.

RESULTADOS

Foram selecionados 15 artigos. A revisão sistemática de literatura revela uma sólida correlação entre a coarctação de aorta não tratada e o desenvolvimento de aneurismas cerebrais em pacientes. Os estudos revisados demonstram consistentemente que a pressão arterial elevada, que é uma característica comum na coarctação de aorta não tratada, exerce uma influência substancial na formação de aneurismas cerebrais. Esta relação é atribuída à sobrecarga de pressão que afeta as paredes dos vasos sanguíneos, especialmente nas artérias cerebrais, tornando-as mais susceptíveis a enfraquecimento e dilatação anormal.

A coarctação de aorta, um termo médico que denota o estreitamento anormal da principal artéria que conduz o sangue do coração para o corpo, é uma condição que se manifesta como um constrangimento significativo do fluxo sanguíneo. Esta condição pode ocorrer em diferentes pontos da aorta, mas, com maior frequência, é encontrada próxima à saída do coração. A coarctação de aorta é muitas vezes reconhecida durante a infância, mas casos não diagnosticados ou não tratados podem persistir na idade adulta. Este estreitamento anômalo da aorta gera um aumento na pressão arterial imediatamente acima da área estreitada e uma diminuição na pressão

abaixo dela, o que pode resultar em uma série de complicações cardiovasculares e sistêmicas. As consequências dessa condição podem ser significativas, com impacto direto na saúde e qualidade de vida dos pacientes.

Por outro lado, um aneurisma cerebral representa uma complicação potencialmente perigosa, em que ocorre uma dilatação enfraquecida de um vaso sanguíneo no cérebro. Este fenômeno pode ocorrer em qualquer parte do cérebro, mas os aneurismas intracranianos são frequentemente associados a pressões sanguíneas elevadas e à turbulência hemodinâmica, fenômenos que podem ser exacerbados em indivíduos com coarctação de aorta não tratada. A formação de um aneurisma cerebral representa um risco substancial, pois pode levar a uma ruptura, resultando em uma hemorragia intracraniana potencialmente fatal. O diagnóstico e o tratamento precoces de um aneurisma cerebral são cruciais para evitar complicações graves, como hemorragias cerebrais, acidente vascular cerebral e déficits neurológicos permanentes.

Portanto, a compreensão da relação entre a coarctação de aorta não tratada e o desenvolvimento de aneurismas cerebrais é essencial para fornecer cuidados médicos eficazes e prevenir consequências devastadoras para os pacientes afetados por essas condições.

A relação intrínseca entre a coarctação de aorta não tratada e o desenvolvimento de aneurismas cerebrais é um aspecto de grande relevância clínica. A coarctação de aorta, caracterizada pelo estreitamento da artéria aorta, impõe uma sobrecarga de pressão sobre o sistema vascular, resultando em hipertensão arterial sistêmica. Essa pressão arterial elevada pode desencadear uma série de alterações hemodinâmicas, contribuindo para o enfraquecimento das paredes dos vasos sanguíneos, incluindo aqueles que irrigam o cérebro.

Em função disso, os pacientes com coarctação de aorta não tratada apresentam um risco consideravelmente maior de desenvolver aneurismas cerebrais em comparação com a população geral. O aumento da pressão arterial nas artérias cerebrais pode levar à formação de áreas de enfraquecimento na parede dos vasos, que, ao longo do tempo, podem progredir para a formação de aneurismas. Essas dilatações anômalas nos vasos cerebrais representam um risco significativo de ruptura, com consequências potencialmente graves, incluindo hemorragias intracranianas, acidentes vasculares cerebrais e danos neurológicos irreversíveis.

Portanto, a compreensão dos fatores de risco e dos mecanismos fisiopatológicos subjacentes à relação entre coarctação de aorta e aneurismas cerebrais é fundamental para a identificação precoce, o manejo clínico adequado e a prevenção de complicações devastadoras nesses pacientes.

A compreensão dos sintomas, métodos de diagnóstico e opções de tratamento é fundamental para lidar eficazmente com a coarctação de aorta não tratada e suas potenciais complicações, como os aneurismas cerebrais. Os sintomas da coarctação de aorta podem variar, mas frequentemente incluem hipertensão arterial, dores no peito, dificuldade para respirar, fadiga e tontura. A identificação precoce desses sinais clínicos é de suma importância, pois permite um encaminhamento adequado para avaliação diagnóstica.

Para diagnosticar a coarctação de aorta e monitorar pacientes em risco de aneurismas cerebrais, são empregados diversos métodos diagnósticos avançados. A realização de exames de imagem, como a ressonância magnética e a angiografia por tomografia computadorizada, permite visualizar o estreitamento da aorta e a presença de aneurismas cerebrais. Além disso, a medição da pressão arterial em diferentes locais do corpo auxilia na detecção da hipertensão associada à coarctação. Com base em um diagnóstico preciso, são estabelecidas estratégias de tratamento que podem variar desde a correção cirúrgica da coarctação até a intervenção direta sobre os aneurismas cerebrais, quando necessário.

O tratamento da coarctação de aorta não tratada é essencial para reduzir o risco de complicações, como aneurismas cerebrais, e envolve a correção do estreitamento da aorta por meio de intervenções cirúrgicas ou procedimentos minimamente invasivos, como a angioplastia. A gestão dos aneurismas cerebrais pode requerer abordagens específicas, como a embolização, que visa a bloquear o fluxo sanguíneo no aneurisma, ou a cirurgia para reparação direta da dilatação. A escolha do tratamento é individualizada, considerando a gravidade da condição e a avaliação do paciente por uma equipe médica multidisciplinar composta por cardiologistas, neurologistas e cirurgiões vasculares. Portanto, o conhecimento detalhado dos sintomas, métodos de diagnóstico e opções de tratamento é fundamental para abordar de maneira eficaz a coarctação de aorta não tratada e suas complicações, visando à recuperação e à melhoria da qualidade de vida dos pacientes.

A identificação precoce dos sintomas de um aneurisma cerebral e o seu diagnóstico preciso são passos cruciais para o tratamento eficaz e a prevenção de complicações graves. Os sintomas de um aneurisma cerebral podem variar amplamente, dependendo da sua localização e tamanho, mas frequentemente incluem dor de cabeça súbita e intensa, alterações visuais, dormência ou fraqueza em um lado do rosto ou do corpo, dificuldade na fala, vômitos e perda de consciência. É fundamental reconhecer esses sinais de alerta e buscar assistência médica imediatamente.

Para o diagnóstico de um aneurisma cerebral, são utilizados métodos de imagem avançados, como a angiografia cerebral, a ressonância magnética e a tomografia computadorizada. A angiografia cerebral é particularmente eficaz na visualização precisa do aneurisma e na avaliação do seu tamanho e localização. A partir dessas informações, os profissionais de saúde podem determinar o melhor curso de tratamento para o paciente. É importante destacar que a detecção precoce e o diagnóstico preciso de um aneurisma cerebral são fundamentais para evitar rupturas potencialmente fatais e garantir que os pacientes recebam cuidados adequados, o que pode incluir intervenções cirúrgicas ou endovasculares para prevenir complicações graves.

Quando se trata do tratamento de um aneurisma cerebral, as opções variam dependendo do tamanho, da localização e da condição geral do paciente. A observação cuidadosa pode ser uma abordagem adequada para aneurismas pequenos e estáveis, enquanto procedimentos minimamente invasivos, como a embolização, podem ser usados para bloquear o fluxo sanguíneo no aneurisma, reduzindo o risco de ruptura. Em casos mais complexos ou aneurismas de grande porte, a cirurgia pode ser necessária para reparar diretamente a dilatação vascular. O tratamento é individualizado e requer uma avaliação cuidadosa por parte de uma equipe médica especializada, que considerará todos os aspectos clínicos do paciente para tomar a decisão mais adequada. Portanto, a detecção precoce e o diagnóstico preciso, seguidos de um tratamento adequado, são elementos-chave na gestão de aneurismas cerebrais, visando à prevenção de complicações graves e à recuperação do paciente.

740

A conscientização e a educação desempenham papéis fundamentais na abordagem da coarctação de aorta não tratada e suas possíveis complicações, incluindo aneurismas cerebrais. A conscientização pública sobre a importância do diagnóstico precoce e do tratamento adequado da coarctação de aorta são essenciais para garantir que os pacientes sejam identificados e encaminhados para cuidados médicos oportunos. Isso pode ser alcançado por meio de campanhas de conscientização, educação nas escolas e programas de saúde pública que informem sobre os sintomas da coarctação de aorta e suas implicações para a saúde a longo prazo.

Além disso, a conscientização entre os profissionais de saúde é igualmente importante. Médicos de diversas especialidades, como pediatras, clínicos gerais e cardiologistas, devem estar cientes da associação entre a coarctação de aorta não tratada e o risco de aneurismas cerebrais. Isso permite uma abordagem interdisciplinar na identificação, diagnóstico e tratamento eficazes

desses pacientes. A educação médica contínua e a disseminação de diretrizes clínicas atualizadas são medidas cruciais para garantir que os profissionais de saúde estejam preparados para lidar com essa condição complexa.

A prevenção desempenha um papel significativo na gestão da coarctação de aorta e na redução do risco de aneurismas cerebrais. Identificar e tratar precocemente a coarctação é uma forma eficaz de prevenir complicações subsequentes, incluindo aneurismas. Os programas de triagem neonatal podem desempenhar um papel importante na detecção precoce da coarctação, permitindo o início imediato do tratamento. Além disso, a promoção de hábitos de vida saudáveis, como a manutenção de uma dieta equilibrada e a prática regular de exercícios físicos, pode contribuir para a saúde cardiovascular e, conseqüentemente, reduzir o risco de complicações cardíacas, incluindo aneurismas cerebrais. Portanto, a conscientização, a educação e a prevenção são componentes essenciais na gestão da coarctação de aorta não tratada, visando à identificação precoce, ao tratamento adequado e à promoção da saúde cardiovascular

A abordagem multidisciplinar é um pilar fundamental no manejo de pacientes com coarctação de aorta não tratada e risco de aneurismas cerebrais. Essa condição complexa requer a colaboração ativa de diferentes especialidades médicas para garantir um diagnóstico preciso, um tratamento adequado e um acompanhamento eficaz. Cardiologistas desempenham um papel central na identificação e monitoramento da coarctação de aorta, enquanto neurologistas têm expertise na avaliação de aneurismas cerebrais. Além disso, cirurgiões vasculares e radiologistas intervencionistas podem ser necessários para realizar procedimentos terapêuticos, como a correção cirúrgica da coarctação ou a embolização de aneurismas.

A colaboração entre essas especialidades é crucial para traçar um plano de cuidados abrangente e personalizado para cada paciente. Isso envolve a discussão de opções terapêuticas, avaliação de riscos e benefícios, bem como o acompanhamento a longo prazo para monitorar a progressão da condição e possíveis complicações. Além disso, a troca de informações e a discussão de casos clínicos entre especialistas contribuem para uma abordagem mais informada e fundamentada na tomada de decisões clínicas. Em resumo, a abordagem multidisciplinar é essencial para otimizar a qualidade dos cuidados prestados aos pacientes com coarctação de aorta não tratada e risco de aneurismas cerebrais, garantindo uma gestão integrada e abrangente da condição médica.

CONCLUSÃO

Em síntese, a coarctação de aorta não tratada é uma condição cardiovascular que, quando negligenciada, pode resultar em complicações graves, entre elas, o desenvolvimento de aneurismas cerebrais. Esta relação intrincada entre uma condição primariamente cardíaca e a manifestação de aneurismas no sistema cerebrovascular é de extrema relevância clínica e demanda uma abordagem multidisciplinar cuidadosa. A pressão arterial elevada, frequentemente presente na coarctação de aorta, exerce uma influência significativa no enfraquecimento das paredes dos vasos sanguíneos, predispondo-os à formação de aneurismas no cérebro. A detecção precoce, o diagnóstico preciso e o tratamento adequado são fundamentais para prevenir as complicações devastadoras associadas a essa condição.

A conscientização pública e a educação médica desempenham papéis essenciais na abordagem da coarctação de aorta não tratada e de seus riscos, incluindo o desenvolvimento de aneurismas cerebrais. Além disso, a colaboração interdisciplinar entre profissionais de saúde é imprescindível para fornecer cuidados de qualidade e promover a prevenção. A gestão de pacientes com essa condição requer uma abordagem abrangente, que envolve cardiologistas, neurologistas, cirurgiões vasculares e outros especialistas, com foco na identificação precoce, diagnóstico preciso e tratamento individualizado. A prevenção, por meio de programas de triagem neonatal e promoção de hábitos de vida saudáveis, é igualmente crucial para evitar complicações graves. Portanto, a compreensão profunda da relação entre coarctação de aorta não tratada e aneurismas cerebrais é vital para melhorar a qualidade de vida dos pacientes e reduzir o impacto dessa condição complexa no sistema de saúde.

742

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Nguyen L, Cook SC. Coarctation of the Aorta: Strategies for Improving Outcomes. *Cardiol Clin.* 2015 Nov;33(4):521-30, vii. doi: 10.1016/j.ccl.2015.07.011.
2. Choudhary P, Canniffe C, Jackson DJ, Tanous D, Walsh K, Celermajer DS. Late outcomes in adults with coarctation of the aorta. *Heart.* 2015 Aug;101(15):1190-5. doi: 10.1136/heartjnl-2014-307035.
3. Huuskonen A, Hui L, Runeckles K, Hui W, Barron DJ, Friedberg MK, Honjo O. Growth of unrepaired hypoplastic proximal aortic arch and reintervention rate after aortic coarctation repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2023 May;165(5):1631-1640.e1. doi: 10.1016/j.jtcvs.2022.08.030.

4. Shah AH, Oechslin E, Benson L, Crean AM, Silversides C, Bach Y, Wald RM, Roche SL, Osten M, Bruaene AV, Colman J, Goraya B, Abrahamyan L, Hanneman K, Nguyen E, Horlick E. Long-Term Outcomes of Unrepaired Isolated Partial Anomalous Pulmonary Venous Connection With an Intact Atrial Septum. *Am J Cardiol.* 2023 Aug 15;201:232-238. doi: 10.1016/j.amjcard.2023.05.049.
5. Clair M, Fernandes SM, Khairy P, Graham DA, Krieger EV, Opotowsky AR, Singh MN, Colan SD, Meijboom EJ, Landzberg MJ. Aortic valve dysfunction and aortic dilation in adults with coarctation of the aorta. *Congenit Heart Dis.* 2014 May-Jun;9(3):235-43. doi: 10.1111/chd.12109.
6. Jiang B, Paff M, Colby GP, Coon AL, Lin LM. Cerebral aneurysm treatment: modern neurovascular techniques. *Stroke Vasc Neurol.* 2016 Oct 25;1(3):93-100. doi: 10.1136/svn-2016-000027.
7. Thompson JW, Elwardany O, McCarthy DJ, Sheinberg DL, Alvarez CM, Nada A, Snelling BM, Chen SH, Sur S, Starke RM. In vivo cerebral aneurysm models. *Neurosurg Focus.* 2019 Jul 1;47(1):E20. doi: 10.3171/2019.4.FOCUS19219.
8. Fuentes AM, Stone McGuire L, Amin-Hanjani S. Sex Differences in Cerebral Aneurysms and Subarachnoid Hemorrhage. *Stroke.* 2022 Feb;53(2):624-633. doi: 10.1161/STROKEAHA.121.037147.
9. Mori K, Watanabe S. Keyhole Approach in Cerebral Aneurysm Surgeries. *Adv Tech Stand Neurosurg.* 2022;44:265-275. doi: 10.1007/978-3-030-87649-4_15.
10. Carnevale JA, Goldberg JL, Kocharian G, Ramos A, Schwarz J. Fusiform Cerebral Aneurysm and Atrial Myxoma. *World Neurosurg.* 2022 Dec;168:244-245. doi: 10.1016/j.wneu.2022.09.124.
11. Sheinberg DL, McCarthy DJ, Elwardany O, Bryant JP, Luther E, Chen SH, Thompson JW, Starke RM. Endothelial dysfunction in cerebral aneurysms. *Neurosurg Focus.* 2019 Jul 1;47(1):E3. doi: 10.3171/2019.4.FOCUS19221.
12. Etminan N, Dörfler A, Steinmetz H. Unruptured Intracranial Aneurysms- Pathogenesis and Individualized Management. *Dtsch Arztebl Int.* 2020 Apr 3;117(14):235-242. doi: 10.3238/arztebl.2020.0235.
13. Meng C, Yang D, Chen D. Cerebral aneurysm image segmentation based on multi-modal convolutional neural network. *Comput Methods Programs Biomed.* 2021 Sep;208:106285. doi: 10.1016/j.cmpb.2021.106285.
14. Frank TS, Lee JE, Starke RM, Mokin M, Colby GP, Wang AC, Johnson J, Burkhardt JK, Srinivasan V, Raper DM, Albuquerque F, Kan P. Endovascular cerebral aneurysm treatment volume during coronavirus 2019. *Interv Neuroradiol.* 2022 Aug;28(4):391-395. doi: 10.1177/15910199211040278.
15. Muroi C, Hugelshofer M, Seehusen F, Keller E. Natural Cerebral Aneurysm and Spontaneous Subarachnoid Hemorrhage in Mammals Other Than Man: Is There a

Scope for Comparative Medicine? World Neurosurg. 2019 Feb;122:384-389. doi:
10.1016/j.wneu.2018.11.007.