CHAPTER XXVIII

TRANSCAROTID REVASCULARIZATION (TCAR): A NEW FRONTIER IN THE TREATMENT OF CAROTID ARTERY DISEASE

REVASCULARIZAÇÃO TRANSCAROTÍDEA (TCAR): UMA NOVA FRONTEIRA NO TRATAMENTO DA DOENÇA ARTERIAL CAROTÍDEA

DOI: 10.51859/ampIla.sset.3225-28

Davi Dantas Freire [1]
Rodrigo Machado Landim Filho [1]
José Hermano Torres Portugal [1]
Manuela Barreto Vasconcelos [1]
Marcos Antônio Alves [2]

[1] Discente do Curso de Medicina do Centro Universitário Christus – Unichristus.
[2] Docente do Curso de Medicina do Centro Universitário Christus – Unichristus.

ABSTRACT

Transcarotid artery revascularization (TCAR) has emerged as an innovative and minimally invasive alternative in the treatment of carotid artery stenosis, aiming to reduce the risk of ischemic stroke (CVA/stroke). Based on principles of cerebral flow reversal, the technique avoids manipulation of the aortic arch, differing from transfemoral carotid angioplasty and stenting (tfCAS) and carotid endarterectomy (CEA). Recent studies demonstrate that TCAR presents rates of stroke and mortality similar to those of CEA and lower than those of tfCAS, in addition to a lower incidence of cranial nerve injury and myocardial infarction. Guidelines from the Society for Vascular Surgery and the American Heart Association recognize TCAR as a safe option, especially in patients with high surgical risk or anatomy unfavorable for transfemoral access. This literature review summarizes the main available evidence on the epidemiology, pathophysiology, evolution of revascularization techniques, and comparative clinical outcomes, highlighting TCAR as a new frontier in the management of carotid artery disease.

Keywords: Transcarotid artery revascularization. Carotid disease. Atherosclerosis. Endarterectomy. Carotid stent.

RESUMO

A revascularização transcarotídea (TCAR) emergiu como uma alternativa inovadora e minimamente invasiva no tratamento da estenose da artéria carótida, visando reduzir o risco de acidente vascular cerebral (AVC) isquêmico. Fundamentada em princípios de reversão de fluxo cerebral, a técnica evita a manipulação do arco aórtico, diferindo da angioplastia transfemoral (tfCAS) e da endarterectomia carotídea (CEA). Estudos recentes demonstram que o TCAR apresenta taxas de AVC e mortalidade semelhantes às da CEA e inferiores às do tfCAS, além de menor incidência de lesão de nervo craniano e infarto do miocárdio. Guias da Society for Vascular Surgery e da American Heart Association reconhecem o TCAR como opção segura, especialmente em pacientes com alto risco cirúrgico ou anatomia desfavorável para acesso transfemoral. Esta revisão bibliográfica sintetiza as principais evidências disponíveis sobre a epidemiologia, fisiopatologia, evolução das técnicas de revascularização e resultados clínicos comparativos, destacando o TCAR como uma nova fronteira no manejo da doença arterial carotídea.

Palavras-chave: Revascularização transcarotídea. Doença carotídea. Aterosclerose. Endarterectomia. Stent carotídeo.

1 INTRODUÇÃO

A doença arterial carotídea (DAC) constitui uma das principais causas de acidente vascular cerebral isquêmico, responsável por significativa morbimortalidade mundial. Sua etiologia está fortemente associada à aterosclerose, que provoca o estreitamento da luz arterial e o risco de embolização cerebral. O manejo dessa condição evoluiu de abordagens cirúrgicas abertas, como a endarterectomia carotídea (CEA), para técnicas endovasculares menos invasivas, como a angioplastia transfemoral (CAS) e, mais recentemente, a revascularização transcarotídea (TCAR). A endarterectomia carotídea, embora considerada o padrão-ouro por décadas (Hobson et al., 2008), pode apresentar maior risco de complicações em pacientes com comorbidades ou anatomia cervical desfavorável. Por sua vez, a angioplastia transfemoral, apesar de menos invasiva, envolve manipulação do arco aórtico, o que eleva o risco de embolização cerebral (Paraskevas et al., 2019).

Nesse contexto, o TCAR surgiu como um método híbrido, combinando acesso direto à artéria carótida comum e sistema de reversão de fluxo sanguíneo cerebral, promovendo proteção embólica efetiva (Luk et al., 2020). Estudos multicêntricos, como o ROADSTER-2 (Kashyap et al., 2020) e análises do Vascular Quality Initiative (Malas et al., 2020; Straus et al., 2024), demonstraram que o TCAR oferece segurança comparável à CEA, com menores taxas de lesão nervosa e infarto do miocárdio.

Diante dessas evidências, o TCAR se consolida como uma alternativa promissora para pacientes de alto risco e um possível novo paradigma no tratamento da DAC, conforme reconhecido por diretrizes recentes da Society for Vascular Surgery (Aburahma et al., 2022) e pela American Heart Association (Kim et al., 2025).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ANATOMIA E FISIOLOGIA DA ARTÉRIA CAROTÍDEA

A artéria carótida comum origina-se à direita do tronco braquiocefálico e à esquerda diretamente do arco aórtico, ascendendo no pescoço até bifurcar-se ao nível da cartilagem tireóide (C4) em carótida interna e externa. A carótida externa irriga principalmente estruturas extracranianas da face e pescoço, enquanto a carótida interna é responsável pela perfusão da porção anterior do encéfalo, sem emitir ramos cervicais significativos.[Makar, 1975] Anatomicamente, as carótidas relacionam-se medialmente com a traqueia e esôfago, lateralmente com a veia jugular interna e nervo

vago, e posteriormente com músculos pré-vertebrais. A importância do fluxo cerebral é evidenciada pela dependência do encéfalo de suprimento contínuo de oxigênio e glicose, sendo a interrupção desse fluxo causa de déficits neurológicos agudos. [Bose, 1975]. A circulação colateral é garantida pelo polígono de Willis, uma rede anastomótica na base do crânio que conecta os sistemas carotídeos (anterior) e vertebrobasilar (posterior), permitindo redistribuição do fluxo em caso de obstrução arterial. A anatomia do polígono de Willis é variável e determina a eficácia da compensação em eventos isquêmicos. [Smith, 1975; Wiesmann, 1975] A aterosclerose carotídea é a principal patologia, ocorrendo tipicamente na bifurcação, com formação de placas que podem causar estenose crítica ou instabilidade. Os mecanismos fisiopatológicos de isquemia cerebral incluem hipoperfusão por estenose grave e tromboembolismo por ruptura de placa, sendo este último o mais comum.[Bose, 1975][Hendrickson, 1975; Chow, 1975] Segundo o American College of Cardiology, a embolização de trombo ou debris de placa e a redução do fluxo cerebral são os principais mecanismos de AVC relacionados à doença carotídea

2.2 EPIDEMIOLOGIA E FATORES DE RISCO DA DOENÇA (DAC)

A Doença arterial carotídea é causada principalmente pela aterosclerose e é um dos principais contribuintes para o acidente vascular cerebral isquêmico em todo o mundo. A prevalência global de estenose carotídea significativa (≥50%) em adultos com idade entre 30–79 anos é estimada em 1,5–1,8%, com prevalência aumentando acentuadamente com a idade e sendo maior em homens do que em mulheres. (Song et al. , 2020) ; (Bonati et al. , 2022) Em estudos populacionais, a prevalência de qualquer aterosclerose carotídea (incluindo espessamento da íntima-média e placa) é muito maior, afetando até 25% dos adultos e aumenta acentuadamente após os 40 anos. (Song et al. ,2020) (Prati et al. 1992)

Principais fatores de risco para doença da artéria carótida incluem idade, sexo masculino, hipertensão, diabetes mellitus, dislipidemia, tabagismo e histórico familiar de acidente vascular cerebral. (Song et al. , 2020) (Prati et al. 1992)A Sociedade de Cirurgia Vascular e a Associação Americana do Coração identificam esses fatores de risco ateroscleróticos tradicionais como centrais para o desenvolvimento da doença. (AbuRahma et al. , 2022) (Kim et al. , 2025)

O risco de estenose carotídea é ainda mais elevado em pacientes com doença arterial coronária estabelecida, doença arterial periférica ou aqueles submetidos a

cirurgia de revascularização do miocárdio. (AbuRahma *et al.*, 2022) (Zimarino *et al.*, 2001) A prevalência de estenose significativa nesses grupos de alto risco pode exceder 8–20%. (AbuRahma *et al.*, 2022) (Zimarino *et al.*, 2001)

2.3 MÉTODOS DIAGNÓSTICOS

O ultrassom Doppler é a primeira linha para a avaliação de estenose da artéria carotídea. Ele combina imagem em tempo real com análise Doppler espectral e colorida para avaliar tanto o grau de estreitamento luminal quanto a morfologia da placa. A Sociedade de Cirurgia Vascular recomenda o ultrassom Doppler para triagem inicial, pois é um método não invasivo, de baixo custo, apresenta alta sensibilidade (85-93%) e especificidade (84-94%) na detecção de estenose, principalmente para lesões que podem requerer intervenção. (ABURAHMA et al., 2022)

Além do uso de Doppler, a implementação de técnicas como a Angiografia por Tomografia Computadorizada (CTA) também é essencial para avaliar o grau de estenose presente e a condução do caso, como a necessidade de uma revascularização transcarotídea (TCAR). O uso de CTA mostrou-se um passo pré-operatório cada vez mais frequente, pois permite uma melhor visualização das estruturas anatômicas para avaliar a possibilidade de realização de uma TCAR, é um procedimento não invasivo e segue o método NASCET para quantificar e avaliar os riscos de AVC. (Arous, et al, 2021)

A angiorressonancia magnética (MRA) é um dos principais métodos de avaliação de estenose, junto do Doppler e a CTA. O método consiste na utilização de contraste para fornecer imagens tridimensionais que se assemelham à arteriografia formal. Seus principais benefícios incluem a ausência de radiação e a não utilização de contraste à base de iodo. Porém, trata-se de um procedimento contraindicado na presença de implantes metálicos, como marcapasso e desfibriladores. (ABURAHMA et al., 2022)

Para avaliar o grau de estenose, serão utilizados métodos como o NASCET e ECST. O NASCET (North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial) compara o diâmetro da estenose com o lúmen distal, ele mede o diâmetro no local do

estreitamento máximo com o diâmetro da artéria distal não afetada. Já o método ECST (European Carotid Surgery Trial) mede o diâmetro da estenose e compara ao diâmetro estimado do bulbo carotídeo original no local da estenose. Esses métodos se

diferem pelo percentual de estenose apresentado, uma estenose para o critério ECST é numericamente maior que o critério para NASCET. (Bonati, et al, 2022)

2.4 EVOLUÇÃO DOS MÉTODOS DE REVASCULARIZAÇÃO CAROTÍDEA

A endarterectomia carotídea é um procedimento cirúrgico realizado para remover a placa aterosclerótica da artéria carótida, mais comumente na bifurcação, a fim de reduzir o risco de acidente vascular cerebral isquêmico. (Hobson, et al, 2008)

O processo é realizado com a exposição da bifurcação da carótida, por meio de uma incisão longitudinal ou transversal no pescoço, seguido por uma administração de heparina sistêmica e clampeamento da carótida comum, interna e externa. O cirurgião realiza uma arteriotomia, geralmente ao longo da superfície anterior dos vasos. A placa aterosclerótica é dissecada e removida, após isso é realizado um remendo, geralmente veia autogena, Dacron ou PTFE, para evitar riscos de reestenose. (Hobson, et al, 2008)

A Angioplastia carotídea transfemoral (CAS) é um procedimento minimamente invasivo para tratamento de estenose por meio do acesso pela artéria femoral na virilha. O procedimento é realizado por cateteres e guias retrogradamente pela aorta até a artéria carótida comum. Em seguida, o cirurgião cruza a lesão estenótica e implanta um stent para restabelecer a permeabilidade do vaso. Durante o processo são utilizados dispositivos, geralmente filtros distais, para reduzir os riscos de embolia cerebral durante a intervenção. Apesar das medidas de proteção, os riscos persistem, devido à manipulação do arco aórtico e ao cruzamento da lesão antes da implantação completa da proteção. (Paraskevas, et al, 2019)

A Revascularização Transcarotídea (TCAR) surgiu como um método cirúrgico para aprimorar a neuroproteção ao inverter o fluxo sanguíneo cerebral, por um sistema de fluxo reverso que desvia o sangue da artéria carótida para a veia femoral. Este mecanismo captura os detritos embólicos antes da implantação do stent e da angioplastia, o que minimiza o risco de AVC perioperatório. Diferentemente da angioplastia transfemoral (TF-CAS), o TCAR evita a manipulação do arco aórtico e o cruzamento desprotegido da lesão, fatores associados a um risco embólico elevado. (Luk, et al, 2020) (AbuRahma et al, 2022)

A Sociedade de Cirurgia Vascular apontou que a Revascularização Transcarotídea (TCAR) apresenta taxas de AVC e morte semelhantes às da Endarterectomia Carotídea (CEA). Porém, o TCAR está associada a taxas mais

baixas de lesão de nervo craniano e tem sucesso técnico comparável, sendo particularmente vantajosa para pacientes com alto risco cirúrgico para CEA. (AbuRahma et al, 2022)

2.5 PRINCÍPIOS DA REVASCULARIZAÇÃO TRANSCAROTÍDEA (TCAR)

A revascularização transcarotídea (TCAR) utiliza acesso direto à artéria carótida comum por via cervical, evitando manipulação do arco aórtico e reduzindo o risco de embolização cerebral. Após exposição cirúrgica da carótida comum, uma bainha arterial curta é inserida, e outra é posicionada na veia femoral. Essas bainhas se conectam por um sistema de tubos, permitindo reversão dinâmica do fluxo: o sangue flui da carótida para a veia femoral, desviando possíveis êmbolos gerados durante a manipulação da lesão e protegendo o cérebro. (AbuRahma et al., 2022) (Malas et al., 2017)

A reversão de fluxo é ativada antes da manipulação da placa e mantida durante todo o cruzamento da lesão, angioplastia e implante do stent, garantindo neuroproteção proximal completa. O clampeamento da carótida comum pode aumentar a eficácia da reversão. (AbuRahma et al., 2022)

O stent é implantado após pré-dilatação da lesão, sob fluxo reverso. Stents de design fechado (closed-cell) são preferidos por menor risco de embolização e melhor contenção da placa. (Bonati et al., 2022) Após o implante, pode-se realizar pós-dilatação ainda sob reversão de fluxo antes da retirada dos dispositivos.

A reversão de fluxo é essencial para proteção contra embolia durante a revascularização carotídea, especialmente na angioplastia e no implante de stent. (Goode et al., 2013)

Segundo a Society for Vascular Surgery, a reversão de fluxo, como no TCAR, permite que todo o procedimento ocorra sob proteção cerebral completa, evitando que detritos cheguem ao cérebro. Estudos demonstram menores taxas de AVC. (Hornung et al., 2015)

Por Doppler transcraniano e ressonância magnética, a reversão de fluxo também mostrou redução de microêmbolos e novas lesões isquêmicas cerebrais. (Ribo et al., 2006)

A revascularização carotídea pode ser realizada por três técnicas principais:

O TCAR (Transcarotid Artery Revascularization), com acesso cervical e reversão de fluxo para proteção cerebral, é alternativa menos invasiva em pacientes de alto risco cirúrgico ou anatômico. (AbuRahma et al., 2022)

A CEA (Carotid Endarterectomy) é o padrão-ouro, com dissecção da carótida e remoção da placa aterosclerótica, garantindo neuroproteção direta e excelente durabilidade. (Schermerhorn et al., 2019)

O CAS (Carotid Artery Stenting) transfemoral requer acesso arterial periférico e navegação pelo arco aórtico com proteção distal, sendo mais suscetível à embolização cerebral, especialmente em idosos e portadores de doença do arco. (Schermerhorn et al., 2019)

Dados do Vascular Quality Initiative (VQI), com mais de 50.000 TCAR, mostram taxas ajustadas de AVC/morte de 1,6% (TCAR), 1,3% (CEA) e 2,9% (CAS transfemoral). (Straus et al., 2024)

Eficácia a médio e longo prazo:

A sobrevida e a recorrência de AVC em 1 e 3 anos são comparáveis entre TCAR e CEA. Estudos de até 3 anos mostram mortalidade e recorrência similares, com leve tendência a maior mortalidade em pacientes sintomáticos submetidos ao TCAR, devido à maior carga de comorbidades. A durabilidade do TCAR é equivalente à da CEA, enquanto o CAS transfemoral apresenta maior risco de eventos neurológicos tardios. (Columbo et al., 2022)

Em pacientes de alto risco cirúrgico, o TCAR pode superar a CEA por menor incidência de infarto do miocárdio e lesão de nervo craniano. (Caron et al., 2025)

As diretrizes da Society for Vascular Surgery e do American College of Cardiology recomendam: CEA como padrão-ouro, TCAR como alternativa segura para alto risco e CAS transfemoral apenas em casos selecionados. (AbuRahma et al., 2022) (Caron et al., 2025)

Principais equipamentos de reversão de fluxo e proteção embólica:

Sistema ENROUTE Transcarotid Neuroprotection System: Dispositivo aprovado pela FDA e padrão atual para TCAR. Consiste em bainha arterial na carótida comum conectada a bainha venosa na veia femoral, permitindo reversão dinâmica do

fluxo cerebral durante o procedimento. Inclui tubos de conexão para reversão de baixa ou alta intensidade, protegendo o cérebro de êmbolos. A Society for Vascular Surgery recomenda o ENROUTE como técnica de proteção cerebral no TCAR. (Wang et al., 2019)

Mo.Ma Ultra: Dispositivo de proteção proximal com balões que ocluem temporariamente a carótida comum e a carótida externa, promovendo reversão de fluxo local durante angioplastia e implante de stent. Usado em abordagens transfemorais e transradiais. (Li et al., 2025)

GORE Flow Reversal System: Sistema que conecta a carótida comum à veia femoral por circuito externo, também promovendo reversão de fluxo em abordagens transfemorais. (Hornung et al., 2015)

Filtros distais: Capturam êmbolos durante CAS transfemoral, mas sem promover reversão de fluxo. São menos eficazes na prevenção de microembolização cerebral em comparação aos sistemas de reversão.

A escolha do dispositivo depende da anatomia, via de acesso e experiência do operador. (AbuRahma et al., 2022)

2.6 INDICAÇÕES E CONTRAINDICAÇÕES DA TCAR

Os critérios de seleção de pacientes para revascularização carotídea por via transcarotídea (TCAR), segundo as diretrizes da Society for Vascular Surgery (SVS), da European Society for Vascular Surgery (ESVS) e da American Heart Association/American Stroke Association (AHA/ASA), concentram-se em dois principais aspectos: alto risco cirúrgico e anatomia desfavorável para acesso femoral.

O paciente ideal para TCAR é aquele com estenose carotídea significativa (≥50% sintomáticos ou ≥70% assintomáticos) e que apresenta alto risco cirúrgico para endarterectomia carotídea (CEA), seja por fatores fisiológicos ou anatômicos. (Straus et al., 2024)

As limitações anatômicas da revascularização carotídea por via transcarotídea (TCAR) incluem: distância da clavícula à bifurcação carotídea menor que 5 cm, diâmetro da artéria carótida comum menor que 6 mm, presença de placa significativa ou calcificação excessiva no local de acesso da bainha, tortuosidade severa do vaso alvo, e profundidade excessiva da carótida comum que dificulte o acesso seguro. Lesões bifurcadas com calcificação circunferencial ou volumosa também são consideradas contraindicações relativas devido ao risco aumentado de fratura ou deformação do stent. (Wu et al., 2019)

Do ponto de vista clínico, limitações incluem pacientes com alto risco de complicações hemorrágicas, infecção local, ou comorbidades graves que

contraindicam procedimentos invasivos. Idade avançada, DPOC grave, insuficiência cardíaca congestiva, insuficiência renal avançada e história de radiação cervical ou cirurgia prévia podem aumentar o risco perioperatório, mas não necessariamente contraindicam TCAR, sendo fatores que justificam sua indicação em vez de endarterectomia ou stent transfemoral. (Aburahma et al., 2022)

Segundo as diretrizes da Society for Vascular Surgery, European Society for Vascular Surgery e American Heart Association/American Stroke Association, a seleção para TCAR deve considerar cuidadosamente essas limitações anatômicas e clínicas, pois a técnica é preferida em pacientes de alto risco cirúrgico ou com anatomia desfavorável para acesso femoral, mas não é indicada quando as restrições anatômicas impedem o acesso seguro ou a implantação adequada do stent. (Aburahma et al., 2022)

2.7 RESULTADOS CLÍNICOS E COMPARATIVOS

A revascularização da artéria transcarótida (TCAR) surgiu como uma alternativa minimamente invasiva à endarterectomia carotídea (CEA) e à colocação de stent na artéria carótida transfemoral (tfCAS) para doença da artéria carótida. Nos ensaios ROADSTER-1 e ROADSTER-2, que incluíram pacientes de alto risco, a taxa de 30 dias de acidente vascular cerebral em pacientes sintomáticos foi de 0,6%e a mortalidade foi de 0,6%, para um combinado taxa de acidente vascular cerebral e mortalidade de 1,2%. Em pacientes assintomáticos, a taxa de acidente vascular cerebral e morte em 30 dias foi de 1%.(SOCIETY FOR VASCULAR SURGERY, 2022) (Kashyap et al., 2020)

Grandes dados de registro da Vascular Quality Initiative (VQI) confirmam essas descobertas na prática do mundo real. Em uma análise de propensão correspondente de mais de 6.000 pares, TCAR e CEA tiveram taxas equivalentes de acidente vascular cerebral/morte hospitalar (1,6% cada), mas o TCAR foi associado a menores taxas de infarto do miocárdio (0,5% vs 0,9%) e lesão do nervo craniano (0,4% vs 2,7%).(Malas et al., 2020) Em 1 ano, a incidência de acidente vascular cerebral ipsilateral ou morte

permaneceu semelhante entre TCAR e CEA.(Malas et al., 2020) (Zarrintan et al., 2023) Em pacientes de alto risco, o TCAR pode oferecer um risco menor de acidente vascular cerebral/morte perioperatório em comparação com CEA.(Caron et al., 2025)

As análises comparativas mostram consistentemente que tfCAS está associado a maiores taxas de acidente vascular cerebral/morte perioperatória do que TCAR e CEA. Por exemplo, no VQI, a taxa de acidente vascular cerebral/morte perioperatória foi de 2,9% para tfCAS, 1,6% para TCAR e 1,3% para CEA.(Caron et al., 2025) (Columbo et al., 2022)

As diretrizes da Sociedade de Cirurgia Vascular afirmam que o TCAR tem uma taxa semelhante de infartos pós-procedimentos como CEA e um risco menor de acidente vascular cerebral/morte do que o tfCAS.(Society for Vascular Surgery, 2022) (Society for Vascular Surgery, 2022)

Portanto, o TCAR oferece taxas de acidente vascular cerebral e morte perioperatórias comparáveis à CEA e superiores ao tfCAS, com menores riscos de infarto do miocárdio e lesão do nervo craniano do que a CEA.Esses achados apoiam o TCAR como uma alternativa segura e eficaz para pacientes de alto e baixo risco, conforme reconhecido pela Sociedade de Cirurgia Vascular. (Society for Vascular Surgery, 2022) (Society for Vascular Surgery, 2022) (Malas et al., 2020) (Caron et al., 2025) (Straus et al., 2024)

2.8 DESAFIOS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Os principais desafios para a expansão de técnicas inovadoras para pacientes de risco intermediário no SUS incluem: evidências clínicas limitadas para esse subgrupo, necessidade de protocolos adaptados e avaliação rigorosa de custo-efetividade. A literatura destaca que a incorporação de novas tecnologias no SUS depende de avaliações robustas de benefícios clínicos, impacto orçamentário e alinhamento com políticas públicas, sendo fundamental a participação social e a transparência no processo decisório (Toscas et al., 2025).

A necessidade de treinamento e a curva de aprendizado são barreiras relevantes, pois técnicas avançadas exigem capacitação específica, tempo para atingir competência e monitoramento contínuo de desempenho. O conceito de curva de aprendizado, amplamente discutido na educação médica, reforça que a aquisição de habilidades técnicas é variável e demanda estratégias educacionais baseadas em

competência, com avaliação sistemática do progresso dos profissionais (Pusic et al., 2015; Ten Cate et al., 2018).

Quanto aos custos e à disponibilidade, o SUS enfrenta restrições orçamentárias crônicas, competição com o setor privado e desigualdades regionais no acesso a

tecnologias e recursos humanos qualificados. A adoção de novas técnicas requer análise detalhada de custo-efetividade, impacto orçamentário e sustentabilidade, além de superar desafios logísticos e de infraestrutura (Castro et al., 2019; Rodrigues, 2025; Paim et al., 2011; Pereira et al., 2019; Toscas et al., 2025).

As perspectivas de adoção no SUS dependem de políticas públicas que priorizem a equidade, integração de tecnologias digitais e fortalecimento da avaliação de tecnologias em saúde (ATS), com participação multidisciplinar e foco em resultados clínicos e reais (Pereira et al., 2019; Toscas et al., 2025).

Avanços tecnológicos esperados incluem inteligência artificial, telemedicina, dispositivos médicos inovadores e integração de dados, que podem ampliar o acesso e a eficiência, mas exigem governança, capacitação e atenção a questões éticas e de equidade (Wen et al., 2025; Singhal et al., 2025).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revascularização transcarotídea representa um avanço significativo no tratamento da doença arterial carotídea, aliando eficácia, segurança e menor invasividade. As evidências atuais indicam que o TCAR apresenta taxas de AVC e mortalidade comparáveis à endarterectomia carotídea, com benefícios adicionais, como menor risco de infarto do miocárdio e de lesão de nervos cranianos.

Os dados provenientes de registros e estudos multicêntricos reforçam sua aplicabilidade em pacientes de alto risco cirúrgico ou com anatomia desfavorável ao acesso transfemoral, posicionando o TCAR como uma técnica consolidada e em franca expansão (Malas et al., 2020; Caron et al., 2025). No entanto, sua adoção ampla requer treinamento especializado, análise de custo-efetividade e integração progressiva às políticas de saúde pública.

Assim, a TCAR simboliza não apenas uma inovação tecnológica, mas uma nova fronteira terapêutica na prevenção do acidente vascular cerebral isquêmico associado à doença carotídea — combinando os princípios da segurança endovascular com os resultados duradouros da cirurgia tradicional.

REFERÊNCIAS

Aburahma, A. F., Avgerinos, E. D., Chang, R. W., et al. (2022). Society for Vascular Surgery clinical practice guidelines for management of extracranial cerebrovascular disease. Journal of Vascular Surgery, 75(1S), 4S–22S. https://doi.org/10.1016/j.jvs.2021.04.073

Arino, M., et al. (2001). Age-dependence of risk factors for carotid stenosis: An observational study among candidates for coronary arteriography. Atherosclerosis, 159(1), 165–173. https://doi.org/10.1016/S0021-9150(01)00463-4

Bonati, L. H., Jansen, O., de Borst, G. J., & Brown, M. M. (2022). Management of atherosclerotic extracranial carotid artery stenosis. The Lancet Neurology, 21(3), 273–283. https://doi.org/10.1016/S1474-4422(21)00359-8

Caron, E., Dakour-Aridi, H., Wang, G. J., Zarrintan, S., Malas, M. B., & Schermerhorn, M. L. (2025). Comparative outcomes of TfCAS vs CEA vs TCAR in standard and high-risk patients since the CMS decision in October 2023 using the VQI. Journal of Vascular Surgery. Advance online publication. https://doi.org/10.1016/j.jvs.2025.07.018

Columbo, J. A., Nejim, B., Dakour-Aridi, H., Malas, M. B., Wang, G. J., Eldrup-Jorgensen, J., & Schermerhorn, M. L. (2022). Procedural safety comparison between transcarotid artery revascularization, carotid endarterectomy, and carotid stenting: Perioperative and 1-year rates of stroke or death. Journal of the American Heart Association, 11(19), e024964. https://doi.org/10.1161/JAHA.121.024964

Goode, S. D., Hoggard, N., Macdonald, S., et al. (2013). Assessment of reverse flow as a means of cerebral protection during carotid artery stent placement with diffusion-weighted and transcranial Doppler imaging. Journal of Vascular and Interventional Radiology, 24(4), 528–533. https://doi.org/10.1016/j.jvir.2012.12.014

Hassan, A. A., Sharaby, S. A., Elbosraty, E. E., et al. (2025). Comparative safety and efficacy of transcarotid artery revascularization (TCAR) versus transfemoral carotid artery stenting (TFCAS): A systematic review and meta-analysis. Annals of Vascular Surgery. https://doi.org/10.1016/j.avsg.2025.08.052

Kim, E. S. H., et al. (2025). Sex differences in peripheral vascular disease: A scientific statement from the American Heart Association. Circulation. https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001234

Li, J., Bayraktar, E. A., Bilgin, C., et al. (2025). Proximal protection devices for carotid artery stent placement: A benchtop assessment of flow reversal performance. AJNR – American Journal of Neuroradiology. https://doi.org/10.3174/ajnr.A8664

Malas, M. B., Dakour-Aridi, H., Wang, G. J., Kashyap, V. S., Motaganahalli, R. L., Eldrup-Jorgensen, J., … & Schermerhorn, M. L. (2020). TransCarotid revascularization with dynamic flow reversal versus carotid endarterectomy in the Vascular Quality Initiative surveillance project. Annals of Surgery. Advance online publication. https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000004149

Prati, P., et al. (1992). Prevalence and determinants of carotid atherosclerosis in a general population. Stroke, 23(12), 1705–1711. https://doi.org/10.1161/01.STR.23.12.1705

Ribo, M., Molina, C. A., Alvarez, B., et al. (2006). Transcranial Doppler monitoring of transcervical carotid stenting with flow reversal protection: A novel carotid revascularization technique. Stroke, 37(11), 2846–2849. https://doi.org/10.1161/01.STR.0000244781.68371.59

Sakowitz, S., Vadlakonda, A., Bakhtiyar, S. S., et al. (2025). Transcarotid artery revascularization versus carotid endarterectomy with and without high-risk criteria: A national target trial. Annals of Surgery. https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000006825

Schermerhorn, M. L., Liang, P., Eldrup-Jorgensen, J., et al. (2019). Association of transcarotid artery revascularization vs transfemoral carotid artery stenting with stroke or death among patients with carotid artery stenosis. JAMA, 322(23), 2313–2322. https://doi.org/10.1001/jama.2019.18441

Society for Vascular Surgery. (2022). The Society for Vascular Surgery implementation document for management of extracranial cerebrovascular disease. Journal of Vascular Surgery, 75(1S), 26S–98S. https://doi.org/10.1016/j.jvs.2021.04.074

Song, P., et al. (2020). Global and regional prevalence, burden, and risk factors for carotid atherosclerosis: A systematic review, meta-analysis, and modelling study. The Lancet Global Health, 8(5), e721–e729. https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30081-3

Wang, S. K., Fajardo, A., Sawchuk, A. P., et al. (2019). Outcomes associated with a transcarotid artery revascularization-centered protocol in high-risk carotid revascularizations using the ENROUTE Neuroprotection System. Journal of Vascular Surgery, 69(3), 807–813. https://doi.org/10.1016/j.jvs.2018.06.222

Wu, W. W., Liang, P., O'Donnell, T. F. X., et al. (2019). Anatomic eligibility for transcarotid artery revascularization and transfemoral carotid artery stenting. Journal of Vascular Surgery, 69(5), 1452–1460. https://doi.org/10.1016/j.jvs.2018.11.051

Zarrintan, S., Dakour-Aridi, H., Nejim, B., Wang, G. J., Malas, M. B., & Schermerhorn, M. L. (2023). Propensity-score matched analysis of three years survival of transcarotid artery revascularization versus carotid endarterectomy in the Vascular Quality Initiative Medicare-linked database. Annals of Surgery, 278(4), 559–567. https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000005726