

EDIÇÃO XXII

CARDIOLOGIA

TEORIA E PRÁTICA

Organizadores:

Guilherme Barroso L. de Freitas

Camilla Castro de Almeida

EP EDITORA
PASTEUR

CARDIOLOGIA

TEORIA E PRÁTICA

EDIÇÃO XXII

Organizadores:

Guilherme Barroso L. de Freitas

Camilla Castro de Almeida

2025 by Editora Pasteur
Copyright © Editora Pasteur

Editor Chefe:

Dr. Guilherme Barroso Langoni de Freitas

Corpo Editorial:

Dr. Alaercio Aparecido de Oliveira

(Faculdade INSPIRAR, UNINTER, CEPROMEC e Força Aérea Brasileira)

Dra. Aldenora Maria Ximenes Rodrigues

MSc. Aline de Oliveira Brandão

(Universidade Federal de Minas Gerais - MG)

Dra. Ariadine Reder Custodio de Souza

(Universidade Estadual do Centro-Oeste - PR)

MSc. Bárbara Mendes Paz

(Universidade Estadual do Centro-Oeste - PR)

Dr. Daniel Brustolin Ludwig

(Universidade Estadual do Centro-Oeste - PR)

Dr. Durinézio José de Almeida

(Universidade Estadual de Maringá - PR)

Dra. Egidia Maria Moura de Paulo Martins Vieira

Professora UNIFSA (Centro Universitário Santo Agostinho)

Dr. Everton Dias D'Andréa

(University of Arizona/USA)

Dr. Fábio Solon Tajra

(Universidade Federal do Piauí - PI)

Francisco Tiago dos Santos Silva Júnior

(Universidade Federal do Piauí - PI)

Dra. Gabriela Dantas Carvalho

Dr. Geison Eduardo Cambri

Grace Tomal

(Universidade Estácio de Sá, Cruzeiro do Sul, Instituto Líbano)

MSc. Guilherme Augusto G. Martins

(Universidade Estadual do Centro-Oeste - PR)

Dr. Guilherme Barroso Langoni de Freitas

(Universidade Estadual de Maringá - PR)

Dra. Hanan Khaled Sleiman

(Faculdade Guairacá - PR)

MSc. Juliane Cristina de Almeida Paganini

(Universidade Estadual do Centro-Oeste - PR)

Dra. Kátia da Conceição Machado (Universidade Federal do Piauí - PI)

Dr. Lucas Villas Boas Hoelz

(FIOCRUZ - RJ)

MSc. Lyslian Joelma Alves Moreira

(Faculdade Inspirar - PR)

Dra. Márcia Astrês Fernandes

(Universidade Federal do Piauí - PI)

Dr. Otávio Luiz Gusso Maioli

(Instituto Federal do Espírito Santo - ES)

Dr. Paulo Alex Bezerra Sales

MSc. Raul Sousa Andreza

MSc. Renan Monteiro do Nascimento

MSc. Suelen Aline de Lima Barros

Professora UNIFSA (Centro Universitário Santo Agostinho)

Dra. Teresa Leal

Saulo Barreto Cunha dos Santos

(Universidade Federal do Rio Grande do Norte - RN)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

(Editora Pasteur, PR, Brasil)

F866 FREITAS, GUILHERME BARROSO LANGONI DE
Cardiologia Teoria e Prática, ed. XXII.
FREITAS, G.B.L.; ALMEIDA, C.C. - Irati: Pasteur, 2025.
1 livro digital; 107 p.; ed. XXII; il.

Modo de acesso: Internet

ISBN 978-65-6029-266-6

<https://doi.org/10.59290/978-65-6029-266-6>

1. Medicina 2. Cardiologia. 3. Cardiopatias. I. Título.

CDD 610
CDU 616.1

CARDIOLOGIA

TEORIA E PRÁTICA

EDIÇÃO XXII

Prefácio



Este livro traz trabalhos sobre um dos sistemas vitais para nossa vida, responsável pelas principais incidências de mortalidade e morbidades, o sistema cardiovascular. Ele possui o coração como ator principal, caracterizado por batidas e frequências graciosamente rítmicas para distribuir sangue e oxigênio a todos os outros órgãos e manter a pressão arterial, filtração glomerular e tantas outras tarefas vitais.

Até o final de 1800 a cirurgia cardíaca era algo impensado, entretanto, os avanços da ciência médica permitiram o advento de tratamentos eficientes, cirurgias minuciosamente realizadas de forma presencial e até remota, políticas públicas eficazes para prevenção, controle e tratamento das doenças cardiovasculares.

Muitos estudantes, profissionais da área e pesquisadores tornaram este livro possível. Portanto, a Editora Pasteur deixa aqui o seu muito obrigado a todos e deseja uma ótima leitura nesta coletânea de estudos sobre o campo da Cardiologia.

Guilherme Barroso Langoni de Freitas

*Dr. Prof. Dpto. de Farmacologia e Terapêutica da
Universidade Estadual de Maringá (UEM)*

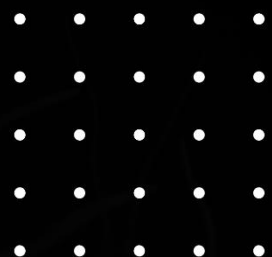
Diretor Científico do Grupo Pasteur

CARDIOLOGIA

TEORIA E PRÁTICA

EDIÇÃO XXII

Sumário



CAPÍTULO 1 - AVANÇOS NA TÉCNICA DE IMPLANTE PERCUTÂNEO DE VÁLVULA AÓRTICA.....	1
CAPÍTULO 2 - DISFUNÇÃO ENDOTELIAL E ATEROSCLEROSE PRECOCE EM JOVENS: INFLUÊNCIA DO ESTILO DE VIDA.....	12
CAPÍTULO 3 - ESTADO DA ARTE QUANTO À PROTEÇÃO DO DESFECHO DE AVE EM PACIENTES SUBMETIDOS A TAVI.....	28
CAPÍTULO 4 - ESTRATÉGIAS DE TRATAMENTO DA HAS NA ATENÇÃO BÁSICA: REVISÃO DOS ANTI-HIPERTENSIVOS NO SUS.....	37
CAPÍTULO 5 - SISTEMATIZAÇÃO DA ASSISTÊNCIA DE ENFERMAGEM NO SUPORTE BÁSICO E AVANÇADO DE VIDA	43
CAPÍTULO 6 - FARMACOLOGIA DO TRATAMENTO DA INSUFICIÊNCIA CARDÍACA COM FRAÇÃO DE EJEÇÃO REDUZIDA.....	50
CAPÍTULO 7 - SISTEMA RENINA-ANGIOTENSINA-ALDOSTERONA NO MIOCÁRDIO: MECANISMOS MOLECULARES E PERSPECTIVAS TERAPÊUTICAS.....	63
CAPÍTULO 8 - AVANÇOS NA CARDIOLOGIA INTERVENCIONISTA: DA ANGIOPLASTIA À TERAPIA TRANSVALVAR PERCUTÂNEA.....	72
CAPÍTULO 9 - DISPOSITIVOS VESTÍVEIS E BIOSSENSORES NO MANEJO DA INSUFICIÊNCIA CARDÍACA: AVANÇOS E DESAFIOS	87
CAPÍTULO 10 - PANORAMA ATUAL DO DIAGNÓSTICO DA PERICARDITE: INOVAÇÕES E IMPACTO	92

CARDIOLOGIA

TEORIA E PRÁTICA

EDIÇÃO XXII

Capítulo 1



AVANÇOS NA TÉCNICA DE IMPLANTE PERCUTÂNEO DE VÁLVULA AÓRTICA

EDUARDA HENN¹
FREDERICO DE CHIARO ROSA PEREIRA¹
PAULA WRASSE TEMP¹
LAURA CAMARGO¹
MARCUS VINÍCIUS SCHEFER¹
FERNANDO GONZALEZ MACIEL¹
JOÃO VITOR PANISSON BOFF¹
MARCELA NIEWINSKI FERREIRA¹
JOÃO VICTOR HOMRICH ZIEMBOWICZ¹
MARCELA ALGE ZANETTINI MASELLA¹
CAMILO DARSIE DE SOUZA²

1. Discente - Curso de Medicina da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC).

2. Docente - Curso de Medicina da Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC).

Palavras-chave

Cardiologia; Implante Percutâneo de Válvula Aórtica; Estenose da Válvula Aórtica.

DOI

10.59290/0984085223

EP EDITORA
PASTEUR

INTRODUÇÃO

A estenose da válvula aórtica é uma condição frequente em idosos e, quando sintomática, está associada a alto risco de mortalidade. O estreitamento progressivo da válvula compromete a ejeção do sangue do ventrículo esquerdo para a aorta, levando a sintomas como dispneia, síncope e dor torácica. Tradicionalmente tratada por meio de cirurgia cardíaca aberta, essa abordagem nem sempre era viável em pacientes com fragilidade clínica ou comorbidades importantes. Foi nesse cenário que surgiu o implante percutâneo de válvula aórtica (TAVI – *transcatheter aortic valve implantation*), inicialmente como uma alternativa para pacientes inoperáveis, mas que, ao longo dos anos, consolidou-se como uma opção segura e eficaz também para aqueles com risco cirúrgico intermediário e até baixo (MORELLO *et al.*, 2021).

Esse avanço só foi possível graças à evolução das tecnologias envolvidas no procedimento. As válvulas tornaram-se menores, mais precisas e adaptáveis às diferentes anatomias. Técnicas menos invasivas de acesso, como o transfemoral, aliadas ao uso de sedação consciente e métodos de imagem mais acessíveis, como o ecocardiograma transtorácico, transformaram a TAVI em um procedimento mais seguro e de recuperação mais rápida. No Brasil, o Registro TAVIDOR acompanha de perto essa transição, mostrando uma redução progressiva nas complicações hospitalares e uma ampliação dos perfis clínicos elegíveis ao procedimento (ESTEVEZ *et al.*, 2024).

Além das melhorias técnicas, novas ferramentas vêm contribuindo para tornar a TAVI ainda mais personalizada. Um exemplo promissor é o uso de simulações computadorizadas com base na interação fluido-estrutura (FSI), capazes de prever como a válvula implantada se comportará diante da anatomia única de cada

paciente, ajudando a reduzir riscos como trombose ou vazamentos (BAYLOUS *et al.*, 2024). No entanto, ainda há desafios importantes: a durabilidade das próteses em pacientes mais jovens e os altos custos envolvidos no procedimento continuam sendo barreiras à universalização da técnica (KAPADIA *et al.*, 2025).

Este capítulo tem como objetivo apresentar os principais avanços na técnica de TAVI, abordando desde a evolução dos dispositivos e vias de acesso até o impacto das inovações tecnológicas na segurança, eficácia e personalização do procedimento. Além disso, busca-se discutir os desafios ainda existentes, como a durabilidade das próteses em populações mais jovens e as barreiras econômicas para sua ampla implementação.

MÉTODO

Este estudo consiste em uma revisão narrativa da literatura, com delineamento descritivo e analítico, voltada à integração crítica de evidências clínicas e tecnológicas sobre os avanços técnicos no TAVI. A busca bibliográfica foi realizada nas bases PubMed, Embase e Cochrane Library, abrangendo artigos publicados entre 2019 e 2024. Utilizaram-se os descritores: *Transcatheter Aortic Valve Replacement*, *Aortic Valve Stenosis*, *Heart Valve Prosthesis Implantation* e *Catheterization*, combinados com os termos livres “TAVI” e “TAVR” por meio de operadores booleanos. Foram incluídos estudos originais, revisões sistemáticas, metanálises, diretrizes clínicas e consensos de especialistas que abordassem diretamente inovações em dispositivos, refinamentos técnicos, estratégias de acesso e desfechos clínicos associados ao procedimento. Foram excluídos estudos com foco exclusivo em cirurgia valvar convencional, experimentação animal, relatos de casos isolados e séries com menos de 10 pacientes.

A análise adotou uma abordagem qualitativa e temática, estruturada em quatro eixos principais: evolução dos dispositivos, técnicas de acesso, desempenho clínico e desempenho hemodinâmico. Não foram realizados experimentos, intervenções diretas nem aplicados métodos estatísticos formais, devido à natureza narrativa da revisão e à heterogeneidade metodológica dos estudos incluídos. A principal limitação foi a variação entre os trabalhos quanto ao delineamento, população, tempo de seguimento e critérios de desfecho, o que inviabilizou uma metanálise. Para mitigar esse viés, a seleção e a análise dos estudos foram conduzidas de forma independente por dois revisores, priorizando-se evidências com maior robustez metodológica, aplicabilidade prática e clareza descritiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Evolução e indicações do TAVI

Desde sua primeira aplicação em humanos por Cribier, em 2002, a TAVI transformou-se de uma técnica reservada a pacientes inoperáveis para uma alternativa terapêutica preferencial em casos de estenose aórtica severa, inclusive em indivíduos com risco cirúrgico intermediário e baixo. A estenose aórtica é a doença valvar cardíaca mais comum. Nas atuais diretrizes valvulares da ESC, a TAVI é recomendada para pacientes idosos (≥ 75 anos) e para aqueles com alto risco ou inadequados para cirurgia. Entretanto, recentes evidências endossam sua aplicação adicional em populações de menor risco, sugerindo uma mudança transformadora na cardiologia intervencionista (SANZ & GÓMEZ, 2024).

A ampliação das indicações para o TAVI indica que o procedimento, antes restrito a pacientes com contraindicação cirúrgica, passou a

ser considerado para casos de menor risco devido aos “avanços significativos nas técnicas minimamente invasivas e no refinamento dos dispositivos” (MORELLO *et al.*, 2021). A personalização da técnica e a escolha adequada da prótese de acordo com as características anatômicas do paciente contribuíram para resultados mais seguros e eficazes, consolidando a TAVI como tratamento de primeira linha em diversos perfis clínicos, com benefícios como menor tempo de internação e recuperação mais rápida (MORELLO *et al.*, 2021).

No cenário brasileiro, o registro TAVIDOR reflete essa evolução: observou-se uma transição de pacientes com alto risco cirúrgico (com escore STS $> 8\%$) para perfis clínicos de menor complexidade, assim como o avanço técnico com maior uso de sedação consciente, ecocardiograma transtorácico e implante por acesso percutâneo. Esses fatores contribuíram para maior taxa de sucesso do procedimento e menor mortalidade hospitalar (ESTEVES *et al.*, 2024). A evolução tecnológica das próteses e a experiência acumulada nas últimas décadas permitiram avanços significativos, como o aprimoramento hemodinâmico e a maior durabilidade das válvulas, além da redução de complicações, como o vazamento paravalvar e a obstrução coronariana (SANZ & GÓMEZ, 2024).

Tecnologias e dispositivos utilizados

Os avanços relacionados aos dispositivos utilizados no TAVI foram essenciais para que houvesse a ampliação de suas indicações e para a redução de complicações associadas ao procedimento. Inicialmente, as próteses eram volumosas, exigindo calibres vasculares maiores e apresentando risco elevado de complicações vasculares. Com o passar do tempo, a miniaturização dos dispositivos, juntamente com o desenvolvimento de sistemas de liberação mais

precisos e controlados, permitiu uma maior segurança, principalmente nos acessos minimamente invasivos, à exemplo do transfemoral (MORELLO *et al.*, 2021; ESTEVES *et al.*, 2024).

Atualmente, destacam-se os dispositivos autoexpansíveis e balão-expansíveis, com perfis distintos em termos de desempenho hemodinâmico e risco de complicações. As próteses autoexpansíveis, como as da linha Evolut PRO, demonstraram menor incidência de disfunção da válvula bioprotética (BVD), principalmente em pacientes com anel aórtico pequeno, quando comparadas às próteses balão-expansíveis (YAKUBOV *et al.*, 2025).

O desenvolvimento de sistemas de fechamento vascular, essenciais para reduzir complicações relacionadas ao acesso transfemoral, está entre os avanços mais recentes. O estudo ACCESS-TAVI demonstrou que a estratégia combinada, utilizando sutura (ProGlide/ProStyle) e plugue (Angio-Seal), foi superior à abordagem baseada exclusivamente em sutura, reduzindo significativamente a taxa de complicações vasculares (RHEUDE *et al.*, 2025).

Outrossim, a adoção de tecnologias auxiliares, como a angiotomografia computadorizada (CTA) para o planejamento pré-procedimento, tornou-se padrão, possibilitando a escolha mais adequada do dispositivo e da via de acesso, além de prever potenciais complicações (TOMMASINO *et al.*, 2025). Ademais, o uso do ecocardiograma transtorácico também se consolidou como ferramenta de monitorização intra e pós-procedimento, contribuindo para o aumento da taxa de sucesso e redução da mortalidade hospitalar (ESTEVES *et al.*, 2024).

Outro avanço significativo foi o uso de simulações computacionais, como a chamada interação fluido-estrutura (FSI). Esse método permite prever como a válvula vai se comportar após o implante e qual o risco de formação de

coágulos. Um recente estudo demonstrou inclusive que vazamentos paravalvares, antes considerados inofensivos, podem aumentar o risco de trombose, dependendo do design da prótese e da anatomia do paciente, tornando-se altamente perigosos (BAYLOUS *et al.*, 2024).

Por fim, novas gerações de dispositivos continuam surgindo, a exemplo do sistema NAVITR, que tem mostrado bons resultados iniciais, com segurança e eficácia, reforçando como a tecnologia está sempre avançando para melhorar ainda mais os desfechos da TAVI (FUJITA *et al.*, 2025; SANTANGELO *et al.*, 2022).

Resultados clínicos e durabilidade

Desde a sua primeira utilização em humanos no ano de 2002, a TAVI tem mostrado resultados vantajosos e encorajadores em relação ao seu uso, não somente em pacientes inoperáveis ou de alto risco cirúrgico, mas também em relação a outros com moderado e baixo risco cirúrgico, devido a menor invasividade, recuperação mais rápida e um resultado clínico vantajosos, como menores chances de complicações após o procedimento e boa durabilidade do transcater.

Os resultados clínicos favoráveis foram descritos por Siqueira *et al.* (2017), onde é reafirmado como a TAVI revolucionou o tratamento de estenose aórtica grave em pacientes mais com maior risco, gerando menor mortalidade e maiores chances do paciente passar por uma boa recuperação, principalmente em pacientes idosos, além de demonstrar benefícios sustentados em sobrevida e função ventricular analisadas após o procedimento. Deve-se, também, levar em consideração como a TAVI será realizada, devido a cada técnica possuir seus próprios benefícios e suas chances de possíveis complicações, sendo a mais utilizada a transfemoral por meio de acesso vascular, onde haverá

minimização de complicações que afetam a mortalidade (BERNARDI *et al.*, 2015).

A durabilidade das biopróteses aórticas na TAVI são de suma importância durante a realização do procedimento e ainda mais para a continuação da vida pós-cirúrgica do paciente. Assim, é necessário haver um acompanhamento desses pacientes ao longo dos anos para achar possíveis alterações dessas próteses, como sua deterioração, e surgimento de sintomas relacionados e complicações. A partir desta observação, foi constatado que as próteses são materiais adequados a sua utilização no procedimento, devido ao fato de não terem encontrado casos significativos de deterioração da mesma em pacientes a curto e médio prazo, tornando-a, neste período, uma opção terapêutica eficaz e com equivalência de qualidade de vida semelhante a prótese cirúrgica. Porém, a durabilidade ao longo prazo ainda deve ser analisada, devido à dificuldade de acompanhamento dos pacientes em um período de alguns anos após a TAVI e à falta de dados ecocardiográficos seriados, dificultando a avaliação de pacientes, principalmente os mais jovens, os quais tendem a apresentar sintomas mais tardiamente, e dificultando sua comparação com as próteses cirúrgicas, as quais já possuem estudos sobre sua utilização a longo prazo (SAADI *et al.*, 2018).

Complicações do TAVI

O TAVI vem se consolidando como alternativa revolucionária para o tratamento da estenose aórtica, especialmente em pacientes idosos e de alto risco cirúrgico. No entanto, mesmo com os diversos avanços técnicos e da experiência acumulada, esta técnica ainda está sujeita a uma série de complicações, cuja prevenção e o manejo correto são essenciais para garantir os desfechos favoráveis (TOMMASINO *et al.*, 2025).

A disfunção da válvula bioprostética (DVB) é uma complicação significativa que pode ocorrer nos pacientes submetidos ao TAVI, assim como naqueles submetidos à substituição cirúrgica da válvula aórtica (SAVR). A DVB engloba a deterioração valvar estrutural (SVD), disfunção valvar não estrutural (NSVD), trombose clínica da válvula e endocardite infecciosa. Estudos apontam que a incidência da DVB em 5 anos é menor nos pacientes submetidos ao TAVI com válvulas CoreValve/Evolut (9,7%) em comparação com os submetidos ao procedimento cirúrgico (15,3%) (YAKUBOV *et al.*, 2025). Esta complicação está relacionada a piores desfechos clínicos, incluindo o aumento da mortalidade por todas as causas, mortalidade cardiovascular e internação por doença valvar ou piora da insuficiência cardíaca (YAKUBOV *et al.*, 2025). Além disso, interações entre o *stent* da válvula e os folhetos durante a crimpagem e implantação podem acelerar a degeneração estrutural (SANZ & GÓMEZ, 2024).

O vazamento paravalvar (PVL) é uma prevalente complicação pós TAVI, associada ao aumento do risco de mortalidade por todas as causas, re-hospitalização e mortalidade cardiovascular. A incidência de PVL moderado a severo varia de 0,8% em dispositivos expansíveis por balão a 3,4% em dispositivos autoexpansíveis, enquanto o PVL leve ocorre em 29% e 36% dos casos, respectivamente, em 30 dias (SANZ & GÓMEZ, 2024). Fatores como excentricidade do anel aórtico, calcificação severa da válvula aórtica, válvulas aórticas bicúspides e subdimensionamento da prótese contribuem para o PVL. O impacto negativo do PVL é atribuído à sobrecarga de volume aguda no ventrículo esquerdo, que já está sob pressão devido à estenose aórtica (SANZ & GÓMEZ, 2024).

A obstrução coronariana é uma complicação grave, especialmente pós-TAVI. Fatores de

risco incluem altura coronariana < 10 mm, largura do seio de Valsalva < 30 mm, distância entre a válvula virtual e o óstio coronariano < 4 mm e folhetos que se estendem acima dos óstios coronarianos (SANZ & GÓMEZ, 2024). Além disso, o acesso coronariano pode ser dificultado após o procedimento, comprometendo principalmente pacientes jovens que necessitarão de intervenções futuras.

O risco para acidente vascular cerebral (AVC) é aumentado pós TAVI, uma vez que o procedimento pode levar à embolização de debris. Fatores procedimentais estão associados ao AVC agudo, enquanto o AVC tardio está mais relacionado às características do paciente. A taxa de AVC é semelhante ou inferior no TAVI em comparação ao SAVR (SANZ & GÓMEZ, 2024). Dispositivos de proteção embólica cerebral, como o Sentinel (Boston Scientific) e o TriGuard (Keystone Heart), capturam debris em até 99% dos procedimentos, mas sua eficácia na redução de AVC clínico ainda não foi comprovada em ensaios amplos.

O risco de necessidade de marca-passo está presente nos pacientes submetidos à TAVI, sendo associada a pior prognóstico. Tal risco é maior em autoexpansíveis em comparação com as expansíveis por balão, sendo influenciado por fatores como bloqueio de ramo direito pre-existente, bloqueio atrioventricular de primeiro grau e profundidade de implantação (SANZ & GÓMEZ, 2024; ESTEVES *et al.*, 2024).

As complicações de cunho vascular figuram entre as mais comuns no paciente pós-TAVI. O acesso transfemoral, mesmo que seja o preferido pela sua segurança e menor invasividade, está associado a dissecções arteriais, pseudoaneurismas, hematomas e sangramentos significativos, ocorrendo, sobretudo, em pacientes com tortuosidade iliofemoral, aterosclerose avançada ou artérias de pequeno calibre. A in-

trodução de técnicas como o uso de acesso guiado por ultrassonografia e dispositivos de fechamento vascular modernos têm contribuído para a redução desses eventos (TOMMASINO *et al.*, 2025).

Complicações mecânicas, como a migração da válvula (valve migration) e embolização da prótese, são potencialmente fatais. O mau posicionamento da prótese pode levar à insuficiência valvar significativa, obstrução da via de saída do ventrículo esquerdo e necessidade de cirurgia de emergência. Estratégias de resgate como o uso de cateter snare têm se mostrado eficazes para reposicionar ou recuperar próteses mal posicionadas, reduzindo a necessidade de conversão para cirurgia aberta (AQUINO-BRUNO *et al.*, 2025).

Outra complicação relevante é o risco trombotômico associado às próteses transcater. Estudos utilizando modelagem computacional com interação fluido-estrutura demonstram que diferentes designs de folhetos podem gerar padrões de fluxo e tensões de cisalhamento que favorecem a ativação plaquetária e a formação de trombos. A identificação de zonas de estase e recirculação pode orientar melhorias no design das válvulas e seleção personalizada de dispositivos para reduzir esse risco (BAYLOUS *et al.*, 2024).

As alterações no sistema de condução cardíaco, como os bloqueios atrioventriculares, também são frequentes, especialmente nos casos em que são utilizadas as válvulas autoexpansíveis. Além do distúrbio cursando como complicação, leva à outra complicação já citada (o implante de marca-passo), afetando negativamente a qualidade de vida do paciente e o prognóstico pós-TAVI (ESTEVES *et al.*, 2024).

Complicações infecciosas como endocardite infecciosa, embora menos comuns, representam um risco elevado de mortalidade. O ma-

nejo exige abordagem multidisciplinar com antibioticoterapia prolongada e, muitas vezes, remoção da prótese. A profilaxia antibiótica apropriada e a manutenção rigorosa da assepsia durante o procedimento são medidas fundamentais para prevenção (CAHILL *et al.*, 2018).

Avanços técnicos e procedimentais

O avanço técnico e procedimental em procedimentos médicos como o TAVI tem sido significativo nos últimos anos. Um exemplo notável é apresentado no estudo ACCESS-TAVI, que comparou duas estratégias de fechamento vascular pós-TAVI transfemoral: uma baseada exclusivamente em sutura (com dois dispositivos ProGlide/ProStyle) e outra combinando sutura e plugue (um ProGlide/ProStyle e um Angio-Seal). A estratégia combinada demonstrou superioridade ao reduzir significativamente a taxa de complicações vasculares, sendo esta de 54% contra 27% do outro método, além de apresentar menor tempo para alcançar hemostasia e menor incidência de sangramentos do tipo ≥ 2 durante os primeiros 30 dias após o procedimento, sem aumento da mortalidade (RHEUDE *et al.*, 2025).

Outro avanço relevante foi descrito por Baylous *et al.* (2024), que utilizaram uma abordagem de interação fluido-estrutura (*fluid-structure interaction* – FSI) para avaliar o risco trombogênico de válvulas cardíacas transcater. Essa metodologia computacional permite simulações realistas do comportamento hemodinâmico pós-implante valvar, incluindo a trajetória e o acúmulo de estresse em plaquetas virtuais. Os autores demonstraram que o design dos folhetos valvares influencia diretamente o risco trombogênico, inclusive em casos de vazamentos paravalvares considerados leves clinicamente. A técnica FSI se mostra promissora tanto para a otimização do design de válvulas quanto para avaliações personalizadas com

base na anatomia exclusiva de cada paciente (BAYLOUS *et al.*, 2024).

Em paralelo, Tommasino *et al.* (2025) discutem técnicas eficazes na prevenção e manejo de complicações vasculares em TAVI. Destaca-se o uso de acesso vascular guiado por ultrassom, que permite uma punção mais precisa da artéria femoral comum, reduzindo eventos adversos como hematomas e sangramentos. Além disso, a adoção crescente de abordagens minimamente invasivas e o uso do acesso radial como via secundária têm contribuído para menores taxas de complicações em comparação ao acesso femoral contralateral. A miniaturização dos dispositivos e o uso de angiotomografia computadorizada (CTA) para planejamento pré-procedimento também foram ressaltados como componentes essenciais na redução de riscos.

Os avanços aqui discutidos ilustram como o aperfeiçoamento de técnicas, a inovação em dispositivos e o uso de ferramentas computacionais têm contribuído significativamente para melhorar os desfechos clínicos em procedimentos de alta complexidade. A adoção de estratégias baseadas em evidências, como a combinação de dispositivos de fechamento em TAVI, o uso de simulações FSI para prever riscos trombogênicos e o emprego de fluidos balanceados na terapia intensiva representam passos concretos na medicina pela constante inovação e reavaliação das práticas clínicas que são fundamentais para a melhoria contínua de desfechos dos pacientes.

Populações especiais e situações desafiadoras

A estenose aórtica é altamente prevalente em idosos, afetando cerca de 3% da população nessa faixa etária. Esses pacientes frequentemente apresentam múltiplas comorbidades,

como insuficiência renal, diabetes, insuficiência cardíaca, DPOC e anemia, que dificultam a indicação de cirurgia convencional e tornam a TAVI uma alternativa preferencial (SULAIMAN *et al.*, 2025). Entre essas populações especiais, destacam-se os idosos, cuja média etária foi de $82,2 \pm 7,4$ anos na coorte avaliada, evidenciando fragilidade e risco elevado para eventos adversos. Outro grupo relevante são os pacientes com comorbidades significativas, como insuficiência cardíaca em classe funcional NYHA III/IV, hipertensão, doença arterial coronariana, fibrilação atrial e função renal comprometida (*clearance* de creatinina < 30 mL/min) (YAKUBOV *et al.*, 2025). A creatinina sérica (indicadora de disfunção renal), a hemoglobina baixa (anemia), a idade avançada e a disfunção ventricular esquerda (LVEF $< 50\%$) foram identificadas como os principais preditores de desfechos adversos após TAVI em modelos baseados em *machine learning* (SULAIMAN *et al.*, 2025).

Aspectos anatômicos, como dimensões desfavoráveis do anel aórtico, especialmente em pacientes com anel aórtico pequeno, foram associados a maior risco de disfunção da válvula bioprotética (BVD) e mortalidade (SULAIMAN *et al.*, 2025). No estudo SMART, esses pacientes apresentaram incidência significativamente menor de BVD com válvulas autoexpansíveis (TAVR Evolut PRO/PRO+/FX), com 9,4% de incidência, em comparação com 41,6% nas válvulas balão-expansíveis (YAKUBOV *et al.*, 2025). Adicionalmente, foi observado o chamado "paradoxo da obesidade", onde pacientes com IMC elevado (> 30 kg/m²) apresentaram melhores resultados pós-TAVI do que indivíduos com peso normal (SULAIMAN *et al.*, 2025). A análise dos dados incluiu ainda pacientes com risco cirúrgico intermediário, alto ou

extremo, refletindo a complexidade e a vulnerabilidade clínica desses indivíduos, frequentemente não elegíveis à cirurgia convencional (YAKUBOV *et al.*, 2025).

Dentre as situações desafiadoras, destaca-se o *mismatch* prótese-paciente severo, mais frequente em pacientes submetidos à cirurgia convencional do que em TAVR, sendo este um fator associado a piores desfechos e maior mortalidade a longo prazo (YAKUBOV *et al.*, 2025). Complicações como sangramento, necessidade de marca-passo permanente e eventos cerebrovasculares também figuram entre os principais desafios clínicos (SULAIMAN *et al.*, 2025). A trombose clínica da válvula, embora reconhecida, não apresentou diferença significativa entre TAVR e cirurgia. Já a endocardite infecciosa, uma complicação grave, foi avaliada com base nos critérios de Duke e VARC-3 e integra os critérios de disfunção da válvula bioprotética (YAKUBOV *et al.*, 2025).

Modelos de *machine learning* ainda destacaram a importância de variáveis eletrofisiológicas, como a duração do QRS e do intervalo QTc, além de parâmetros hemodinâmicos, como gradientes aórticos e pressão arterial, como preditores relevantes de mortalidade. O uso prévio de medicações, como betabloqueadores, demonstrou associação com menor mortalidade em subgrupos específicos (SULAIMAN *et al.*, 2025). Por fim, a preservação da função renal se mostrou crítica, sendo que pacientes com doença renal em estágios avançados apresentaram maior mortalidade em curto e longo prazo (SULAIMAN *et al.*, 2025). Esses achados ressaltam a importância de uma abordagem personalizada e cuidadosa na escolha do tipo de prótese e nas estratégias terapêuticas em pacientes com características clínicas e anatômicas desafiadoras.

Perspectivas futuras e barreiras: expansão para pacientes mais jovens (< 65 anos)

Atualmente, os pacientes com menos de 65 anos recebem indicação de TAVI quando possuem cirurgia de revascularização miocárdica prévia, doença renal crônica e insuficiência congestiva cardíaca. Já o principal preditor, entre pacientes jovens, para a realização de SARV é a doença de válvula aórtica bicúspide associada à estenose aórtica grave isolada (GUPTA *et al.*, 2024). Diante dessa perspectiva, compreende-se que há uma restrição de indicações dos manejos de TAVR e SAVR em pacientes menores de 65 anos.

No entanto, fica evidente o interesse pela ampliação de estudos que foquem em indivíduos jovens, uma vez que nota-se uma expansão da TAVI para essa população mundialmente (COSTA *et al.*, 2023). Apesar dos avanços e da busca para a ampliação da faixa etária, existem barreiras que dificultam essa ação. A durabilidade da bioprótese se torna uma preocupação primária a esses pacientes tendo em vista o crescente aumento da expectativa de vida associado às disfunções que a válvula bioprotética apresenta e, consequentemente, os fatores de risco, como aumento da mortalidade e re-hospitalização em ambos os procedimentos TAVI e SARV (KAPADIA *et al.*, 2025). Além disso, o preço dos dispositivos da TAVI e o custo do procedimento é elevado devido à falta de concorrência no mercado, o que leva à estabilização dos valores e vai de encontro com a expansão dessa técnica para um grupo amplo de

pessoas. A ausência de estudos a longo prazo para consolidar a TAVI como primeira linha em pacientes de baixo risco, bem como de indivíduos com diferenças anatômicas limita a promoção desse procedimento com um grupo extenso da população (< 65 anos) (CAHILL *et al.*, 2018).

CONCLUSÃO

A TAVI representa uma revolução no tratamento da estenose aórtica, ampliando suas indicações desde pacientes inicialmente considerados inoperáveis até aqueles com risco cirúrgico intermediário e baixo. Os avanços tecnológicos nos dispositivos e nas técnicas minimamente invasivas, aliados à personalização do procedimento, têm contribuído para a melhoria dos desfechos clínicos, maior segurança e recuperação mais rápida dos pacientes. Embora os resultados clínicos e a durabilidade das próteses sejam promissores, especialmente no curto e médio prazo, a vigilância contínua é fundamental para avaliar possíveis complicações a longo prazo, como a disfunção da válvula bioprotética e o vazamento paravalvar. A adequada seleção dos pacientes, o uso de tecnologias de imagem avançadas e o manejo eficaz das complicações são essenciais para maximizar os benefícios do procedimento. Em síntese, a TAVI consolida-se como uma alternativa terapêutica eficaz e segura, com potencial de transformar a abordagem da estenose aórtica na prática clínica contemporânea.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AQUINO-BRUNO, H. *et al.* Use of snare catheter technique in transcatheter aortic valve replacement with self-expandable valve: expert review. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, v. 105, p. 981, 2025. doi: 10.1002/ccd.31398.
- BAYLOUS, K. *et al.* Thrombogenic risk assessment of transcatheter prosthetic heart valves using a fluid-structure interaction approach. Cornell University, 18 jun. 2024. doi: 10.48550/arXiv.2406.12156.
- BERNARDI, F.L.M. *et al.* Surgical cutdown versus percutaneous access in transfemoral transcatheter aortic valve implantation: Insights from the Brazilian TAVI registry. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, v. 86, p. 501, 2015. doi: 10.1002/ccd.25820.
- CAHILL, T.J. *et al.* Transcatheter aortic valve implantation: current status and future perspectives. *European Heart Journal*, v. 39, p. 2625, 2018. doi: 10.1093/eurheartj/ehy244.
- CAVALIERI, M. *et al.* Implantação de válvula aórtica transcater versus substituição cirúrgica da válvula aórtica para estenose aórtica grave em pacientes com baixo risco cirúrgico. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2024. doi: 10.1002/14651858.CD013319.pub2.
- COSTA, G. *et al.* One-year clinical outcomes of transcatheter aortic valve implantation with the latest iteration of self-expanding or balloon-expandable devices: insights from the OPERA-TAVI registry. *EuroIntervention*, v. 20, p. 95, 2024. doi: 10.4244/EIJ-D-23-00720.
- ESTEVES, V. *et al.* Tendência temporal no implante percutâneo de bioprótese aórtica: análise de 10 anos do Registro TAVIDOR. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 121, e20230467, 2024. doi: 10.36660/abc.20230467.
- FUJITA, K. *et al.* Early clinical outcomes of transcatheter aortic valve implantation using the NAVITOR system. *Cardiovascular Intervention and Therapeutics*, v. 40, p. 378, 2025. doi: 10.1007/s12928-024-01081-7.
- HASABO, E.A. *et al.* A systematic review and meta-analysis of the hemodynamics and outcomes of the Myval balloon-expandable valve in patients with severe aortic stenosis and with aortic regurgitation. *IJC Heart and Vasculature*, v. 58, p. 101641, 2025. doi: 10.1016/j.ijcha.2025.101641.
- HUANG, G. *et al.* Transcatheter aortic valve implantation assisted by extracorporeal membrane oxygenation for the treatment of aortic stenosis with cardiogenic shock. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 117, p. 33, 2021. doi: 10.36660/abc.20201358.
- KAPADIA, S.R. *et al.* Bioprosthetic aortic valve durability and performance: implications for lifetime management of aortic stenosis. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 85, p. 1431, 2025. doi: 10.1016/j.jacc.2025.02.029.
- MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, J.C. *et al.* Dicas e truques na prevenção e manejo de complicações vasculares após implante transcater de válvula aórtica (TAVI). *Revista Española de Cardiología*, v. 77, p. 563, 2024. doi: 10.1016/j.recesp.2024.03.004.
- MORELLO, A. *et al.* The best way to transcatheter aortic valve implantation: from standard to new approaches. *International Journal of Cardiology*, v. 322, p. 86, 2021. doi: 10.1016/j.ijcard.2020.08.036.
- NANDHAKUMAR, V. *et al.* Prediction of prosthetic heart valve interaction during transcatheter double-valve replacement using a bench model. *JACC: Case Reports*, v. 30, p. 103370, 2025. doi: 10.1016/j.jaccas.2025.103370.
- RHEUDE, T. *et al.* Comparison of strategies for vascular access closure after transcatheter aortic valve implantation: the ACCESS-TAVI randomized trial. *European Heart Journal*, v. 46, p. 635, 2025. doi: 10.1093/eurheartj/ehae784.
- SAADI, R.P. *et al.* Brazilian registry of transcatheter aortic valve implantation: 10 years of experience. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 2018.
- SANTANGELO, G. *et al.* An update on new generation transcatheter aortic valves and delivery systems. *Journal of Clinical Medicine*, v. 11, p. 499, 2022. doi: 10.3390/jcm11030499.
- SANZ, A.P. & GÓMEZ, J.L.Z. How to improve patient outcomes following TAVI in 2024?: recent advances. *Kardiologia Polska*, v. 82, p. 696, 2024. doi: 10.33963/v.phj.101399.
- SHERWOOD, M. *et al.* SCAI Expert Consensus Statement on Alternative Access for Transcatheter Aortic Valve Replacement. *Journal of the Society for Cardiovascular Angiography & Interventions*, v. 3, p. 101861, 2024. doi: 10.1016/j.jscai.2024.101861.
- SINGH, G. *et al.* Temporal trends in transcatheter aortic valve replacement for bicuspid aortic stenosis. *Journal of the Society for Cardiovascular Angiography & Interventions*, v. 3, p. 101861, 2024. doi: 10.1016/j.jscai.2024.101861.

SIQUEIRA, D. *et al.* Implante percutâneo de bioprótese valvular aórtica: conciliando os valores clínicos e econômicos de um tratamento estabelecido. *Revista Brasileira de Cardiologia Invasiva*, v. 19, 2017. doi: 10.1590/S2179-83972011000100003.

SULAIMAN, R. *et al.* Machine learning for predicting outcomes of transcatheter aortic valve implantation: A systematic review. *International Journal of Medical Informatics*, v. 197, p. 105840, 2025. doi: 10.1016/j.ijmedinf.2025.105840.

TOMMASINO, A. *et al.* Tips and tricks in the prevention and management of vascular complications in TAVI. *Cirurgia Cardiovascular*, v. 32, p. 93, 2025. doi: 10.1016/j.circv.2024.09.001.

YAKUBOV, S.J. *et al.* Impact of transcatheter or surgical aortic valve performance on 5-year outcomes in patients at $\geq$ intermediate risk. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 85, p. 1419, 2025. doi: 10.1016/j.jacc.2025.02.009.

CARDIOLOGIA

TEORIA E PRÁTICA

EDIÇÃO XXII

Capítulo 2

DISFUNÇÃO ENDOTELIAL E ATEROSCLEROSE PRECOCE EM JOVENS: INFLUÊNCIA DO ESTILO DE VIDA

LUCAS DE MORAIS FRANCO¹
DÊNISON DAVID GOMES DO NASCIMENTO¹
ISADORA RODRIGUES SANTANA DA SILVA¹
ISABELLA SIQUEIRA SALGUEIRO MOTA²
REBECA DE SOUZA TREVELIN³
MARCELA SOARES DE PAIVA⁴
SARAH POSSAMAI KONS⁵
MARIA EDUARDA FARACO ZIN⁶
SOPHIA ROBERTO CEZÁRIO⁷
AGDIEL CARVALHO DE ASSIS VALENTA¹
JOSÉ HENRIQUE LISBOA DA SILVA NETO¹

1. Discente – Medicina da Universidade Nove de Julho.
2. Discente – Medicina da Universidade de Taubaté.
3. Discente – Medicina da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.
4. Discente – Medicina da Universidade Metropolitana de Santos.
5. Discente – Medicina da Universidade Estadual de Londrina.
6. Discente – Medicina da Universidade do Sul de Santa Catarina.
7. Discente – Medicina do Centro Universitário de Caratinga.

Palavras-chave

Disfunção Endotelial; Aterosclerose Precoce; Saúde Vascular.

DOI

10.59290/9055223112

EP EDITORA
PASTEUR

INTRODUÇÃO

As doenças cardiovasculares (DCV) permanecem como a principal causa de mortalidade global, sendo tradicionalmente associadas ao envelhecimento e à fase adulta avançada (OMS, 2021). No entanto, avanços nas investigações clínicas e epidemiológicas das últimas décadas têm demonstrado que o processo aterosclerótico é insidioso e começa muito antes da manifestação clínica, frequentemente ainda na infância ou adolescência (MAINARDES *et al.*, 2022).

Nessa trajetória precoce da doença, a disfunção endotelial desempenha papel central. Trata-se de um estado em que o endotélio, camada interna dos vasos sanguíneos, perde sua capacidade homeostática de modular o tônus vascular, inibir a inflamação e prevenir eventos trombóticos. Por anteceder as alterações estruturais das artérias, a disfunção endotelial não apenas inaugura a cascata aterogênica, como também se consolida como um marcador precoce, dinâmico e potencialmente reversível de risco cardiovascular em populações jovens. Essa alteração caracteriza um desequilíbrio na biodisponibilidade de óxido nítrico (NO), um potente vasodilatador e inibidor de agregação plaquetária, em favor de mediadores vasoconstritores e fatores lesivos à parede vascular. Antes mesmo das lesões ateroscleróticas aparentes, a função endotelial já se encontra prejudicada, pavimentando o caminho para deposição lipídica e inflamação crônica características da aterogênese. Nesta perspectiva analítica, é importante destacar que a disfunção endotelial é amplamente reconhecida como um evento inicial e potencialmente reversível no desenvolvimento da aterosclerose (MAN *et al.*, 2020).

Outrossim, investigações epidemiológicas fundamentais, como o Pathobiological Determinants of Atherosclerosis in Youth (PDAY) e

o Bogalusa Heart Study, foram marcos ao revelarem, já na infância e adolescência, a presença de estrias lipídicas e lesões ateroscleróticas incipientes, inclusive em artérias coronárias. Tais alterações estruturais mostraram correlação direta com fatores de risco modificáveis, como obesidade, dislipidemia e tabagismo em idades precoces. Décadas depois, avanços nos métodos diagnósticos não invasivos, como a dilatação fluxo-mediada (FMD) e a velocidade da onda de pulso (PWV), têm confirmado alterações funcionais da reatividade endotelial ainda na segunda década de vida, especialmente entre jovens expostos precocemente a estilos de vida pouco saudáveis (JURKO *et al.*, 2022).

Diante desse cenário, dados contemporâneos reforçam essa tendência preocupante: evidências crescentes indicam que o processo aterosclerótico que leva à doença cardiovascular sintomática inicia-se em idades precoces. Por exemplo, o acúmulo de fatores de risco desde a juventude, mesmo em níveis considerados “normais”, associa-se à maior prevalência de aterosclerose subclínica e a um risco cardiovascular elevado nas décadas seguintes. Esse panorama epidemiológico indica que uma parcela considerável de adultos jovens já apresenta comprometimento vascular incipiente relacionado às mudanças no estilo de vida e ao aumento de condições como obesidade e diabetes em faixas etárias cada vez menores (DEVESA *et al.*, 2023; MANGILI, 2020).

Ademais, a quantificação direta da prevalência de disfunção endotelial em populações jovens é limitada, uma vez que se trata de uma condição predominantemente subclínica. No entanto, indicadores indiretos apontam para um cenário preocupante. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (2022), aproximadamente 81% dos adolescentes em todo o mundo não alcançam os níveis mínimos recomendados de atividade física, sendo o Brasil um dos países

com os maiores índices de inatividade física entre os jovens — condições que, mesmo na ausência de doença cardiovascular estabelecida, já demonstram associação com biomarcadores de inflamação sistêmica e estresse oxidativo, contribuindo para o comprometimento da função endotelial (OLIVEIRA *et al.*, 2024).

Sob essa ótica, diversos fatores de risco modificáveis pelo estilo de vida exercem influência direta sobre a função endotelial e, consequentemente, sobre a progressão da aterosclerose em idades jovens. O início precoce do tabagismo, inclusive por meio de dispositivos eletrônicos, como os cigarros eletrônicos (*vaping*), constitui um fator adicional de preocupação, especialmente diante do aumento expressivo de seu uso entre adolescentes (RAHMAN *et al.*, 2023). A exposição ao tabaco e seus derivados compromete a integridade endotelial ao reduzir a biodisponibilidade de óxido nítrico (NO), aumentar a rigidez arterial e estimular processos inflamatórios na parede vascular, configurando um cenário propício à disfunção endotelial.

De modo semelhante, o consumo precoce de álcool e o uso de substâncias psicoativas têm sido implicados na aceleração do dano vascular ainda nas fases iniciais da vida. Ademais, a alimentação e o padrão de atividade física destacam-se nesse contexto. Dietas hipercalóricas e desequilibradas, ricas em gorduras saturadas, açúcares e sódio, contribuem para sobrepeso/obesidade e distúrbios metabólicos que sobrecarregam o endotélio. A obesidade, em particular, associa-se a uma série de alterações fisiopatológicas: resistência à insulina e dislipidemia aterogênica. Por outro lado, intervenções no estilo de vida podem reverter ou atenuar esses danos incipientes. A prática regular de exercícios físicos e a adoção de uma dieta balanceada têm efeito benéfico na saúde vascular. A

perda de peso, por exemplo, melhora significativamente a função endotelial, restaurando parte da biodisponibilidade de NO e reduzindo mediadores inflamatórios circulantes (MAN *et al.*, 2020; ZIMMERMANN *et al.*, 2025; SUZUKI *et al.*, 2025).

A despeito do caráter silencioso e progressivo da disfunção endotelial, evidencia-se um aspecto promissor: sua reversibilidade nas fases iniciais, especialmente quando há intervenção oportuna sobre os fatores de risco modificáveis. Estudos de intervenção têm demonstrado que mudanças no estilo de vida, como a adoção de práticas regulares de atividade física, a melhoria da qualidade da alimentação e a interrupção do tabagismo, são capazes de restaurar a função endotelial em um intervalo relativamente curto, que pode variar de semanas a poucos meses. Estratégias como o aumento do consumo de alimentos *in natura* e a realização de exercícios aeróbicos consistentes favorecem a síntese de NO e atenuam a inflamação sistêmica, reforçando a notável plasticidade do endotélio em indivíduos jovens frente a estímulos benéficos (HADAD *et al.*, 2023; ISHIDA *et al.*, 2024).

Portanto, compreender a interface entre estilo de vida e disfunção endotelial em populações jovens transcende a dimensão puramente fisiopatológica. Trata-se de uma estratégia crucial de saúde pública. A identificação e o manejo precoce de fatores de risco modificáveis não apenas retardam a progressão do processo aterosclerótico, mas podem, em muitos casos, impedir sua instalação. Nesse contexto, o endotélio configura-se não apenas como o primeiro alvo lesado na cascata aterogênica, mas como um marcador sensível de risco cardiovascular e um ponto de intervenção privilegiado para estratégias de prevenção primária.

Tendo em vista a relevância da prevenção cardiovascular desde as fases iniciais da vida, este capítulo tem como propósito explorar os

principais mecanismos fisiopatológicos envolvidos na disfunção endotelial e na aterosclerose precoce, com especial atenção à influência dos fatores relacionados ao estilo de vida. A abordagem adotada abrangerá aspectos como as alterações moleculares e celulares que marcam os estágios iniciais da aterogênese, os impactos de padrões alimentares inadequados sobre o risco cardiovascular juvenil, os efeitos do sedentarismo e da prática de exercícios físicos na saúde vascular, bem como as repercussões do tabagismo, do consumo de álcool e de outras substâncias psicoativas sobre o endotélio em idades precoces. Ao integrar esses elementos, busca-se oferecer subsídios para uma atuação clínica e preventiva mais eficaz, reconhecendo a juventude como um período estratégico para a definição e a modulação do risco cardiovascular ao longo da vida.

MÉTODO

Este estudo de revisão científica realizou uma busca em bases de dados, como PubMed, SciELO, ScienceDirect, Scopus, Web of Science e LILACS. Para tal pesquisa, foram utilizados alguns descritores, incluindo (“*Endothelial Dysfunction*” OR “*Premature Atherosclerosis*”) AND (“*Smoking and Alcoholism*” OR “*Sedentary Lifestyle*”), para identificar artigos relevantes para o trabalho. Com isso, foram incluídos artigos originais e revisões sistemáticas, em português e inglês, publicados entre os anos de 2020 e 2025, e que se relacionassem com os objetivos do trabalho.

Para a seleção de trabalhos elegíveis, também foram aplicados alguns critérios de inclusão e exclusão. Inicialmente, foi realizada uma triagem baseada nos títulos e resumos. Destes, alguns foram incluídos para avaliação detalhada, como os que descreviam a aterosclerose precoce por causa do estilo de vida ou de outros

fatores geradores de disfunção endotelial em jovens. Enquanto isso, outras pesquisas foram excluídas devido à falta de relação entre a influência do estilo de vida de jovens e a aterosclerose precoce ou ausência de resultados significativos para concluir o objetivo do estudo.

Com isso, os dados coletados foram analisados e descritos, a fim de contribuir para a formulação de políticas de saúde voltadas à promoção e prevenção da saúde cardiovascular de jovens.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Fisiopatologia da disfunção endotelial e da aterosclerose precoce

O endotélio vascular, quando íntegro, desempenha papel fundamental na homeostase vascular, regulando o tônus dos vasos, a permeabilidade, a coagulação e as respostas inflamatórias. As células endoteliais, altamente especializadas, revestem internamente todos os vasos sanguíneos e atuam como sensores bioquímicos e biomecânicos, capazes de detectar alterações no fluxo, na pressão e na composição do plasma. Diante de sinais de estresse ou lesão, modulam a liberação de substâncias vasoativas, como a endotelina-1, potente vasoconstritor de ação rápida, que contribui para o controle imediato do fluxo sanguíneo e da pressão arterial, além de participar dos mecanismos iniciais de resposta à lesão. Este equilíbrio fisiológico pode ser mantido desde cedo por hábitos de vida saudáveis, como alimentação balanceada e prática regular de atividade física, que preservam a integridade endotelial e retardam o início de processos patológicos.

Quando exposto de forma persistente a fatores agressivos, como estresse oxidativo, dislipidemia, hipertensão, hiperglicemia e inflamação crônica, esse equilíbrio endotelial se rompe. A

produção de NO, principal substância vasodilatadora, é reduzida, enquanto moléculas pró-inflamatórias passam a predominar, caracterizando a disfunção endotelial, evento-chave no desenvolvimento da aterosclerose (KUMAR *et al.*, 2021). Na população jovem, esse quadro pode ser precipitado por hábitos de vida inadequados, como sedentarismo, alimentação rica em gorduras saturadas e açúcares, e exposição ao tabagismo, que atuam cumulativamente para instaurar a disfunção endotelial precocemente.

Dentre os principais mecanismos dessa disfunção, destaca-se o estresse oxidativo, resultante do desequilíbrio entre espécies reativas de oxigênio (EROs) e os sistemas antioxidantes. O excesso de EROs leva à degradação do NO, essencial para a homeostase vascular. A reação do ânion superóxido com o NO forma peroxinitrito (ONOO^-), composto altamente reativo que induz inflamação, dano celular e morte das células endoteliais. Esse ambiente pró-oxidante favorece a adesão de leucócitos, o aumento da permeabilidade endotelial e a oxidação da LDL, fatores cruciais na iniciação e progressão da aterosclerose (LIBBY, 2021). Fatores associados ao estilo de vida, como o excesso calórico, dietas pobres em antioxidantes naturais, tabagismo e falta de exercícios, aumentam a produção de EROs, acelerando o estresse oxidativo e o comprometimento endotelial desde a juventude.

O processo de oxidação da LDL ocupa papel central na aterogênese. Inicialmente, forma-se a LDL minimamente oxidada, capaz de ativar respostas inflamatórias, entretanto, com a intensificação do estresse oxidativo, ocorre uma oxidação mais avançada, tornando a LDL irreconhecível pelos receptores clássicos e direcionando-a para receptores de macrófagos, promovendo a formação de células espumosas. Esse processo, catalisado por enzimas como NADPH oxidase, intensifica a inflamação ao

suprimir citocinas anti-inflamatórias, como a IL-10. Ademais, partículas menores de LDL apresentam maior susceptibilidade à oxidação devido à sua maior penetração na parede arterial. Frente a isso, terapias que visam reduzir a oxidação da LDL, como hipolipemiantes, antioxidantes e anti-inflamatórios, surgem como estratégias promissoras na prevenção da aterosclerose (JIANG *et al.*, 2022). A prevenção dessas alterações lipídicas, muitas vezes já detectáveis em jovens com hábitos inadequados, reforça a importância da educação e mudança do estilo de vida desde a adolescência.

No contexto da hiperglicemia crônica, típica do diabetes mellitus, o excesso de glicose sobrecarrega a atividade mitocondrial, resultando em maior vazamento de elétrons e produção de ânion superóxido. Esse estresse oxidativo inibe a enzima GAPDH, desviando intermediários da glicólise para vias metabólicas alternativas, como a via dos poliois, hexosaminas, formação de produtos finais de glicação avançada (AGEs) e ativação da proteína quinase C (PKC). Essas vias aumentam a produção de mediadores inflamatórios, reduzem antioxidantes como a glutationa e diminuem a síntese de NO, estabelecendo um ambiente pró-inflamatório e pró-oxidante que agrava a disfunção endotelial e favorece a aterosclerose precoce (MARUHASHI & HIGASHI, 2021). Diante do crescente número de jovens com obesidade e diabetes tipo 2, condições altamente relacionadas ao estilo de vida, torna-se urgente a adoção de intervenções precoces para conter esse ciclo prejudicial à saúde vascular.

Além disso, a resistência à insulina agrava esse quadro. Em condições fisiológicas, a insulina exerce efeito vasoprotetor ao estimular a via PI3K/Akt, que ativa a enzima óxido nítrico sintase endotelial (eNOS) e promove a produção de NO. Paralelamente, ativa a via

MAPK/ERK, responsável pela produção de endotelina-1 (ET-1), potente vasoconstritor. Na resistência à insulina, a via PI3K/Akt encontra-se comprometida, enquanto a via MAPK/ERK permanece preservada ou hiperativada pela hiperinsulinemia compensatória. Isso resulta em produção reduzida de NO e aumento de ET-1, favorecendo um ambiente pró-inflamatório, vasoconstritor e aterogênico (MARUHASHI & HIGASHI, 2021). Esse mecanismo reforça a importância de promover estilos de vida que mantenham a sensibilidade insulínica, como dieta equilibrada e exercícios, para proteger o endotélio e evitar complicações cardiovasculares já na juventude.

Outrossim, o tabagismo é um fator que compromete diretamente a dilatação mediada por fluxo (DMF), marcador não invasivo amplamente utilizado para avaliar a função endotelial. Estudos demonstram que fumantes apresentam uma redução significativa da DMF em comparação com não fumantes, refletindo prejuízo na capacidade vasodilatadora dependente de óxido nítrico. O mecanismo central envolve um aumento expressivo do estresse oxidativo, com produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (ROS), que rapidamente inativam o NO, além de promoverem inflamação crônica de baixo grau e disfunção mitocondrial. Paralelamente, há ativação de vias inflamatórias, como NF- κ B, e aumento na expressão de moléculas pró-inflamatórias, como interleucinas e proteína C reativa. Esse ambiente inflamatório favorece o recrutamento de células imunes e contribui para lesões endoteliais progressivas. Além disso, a redução da DMF é observada tanto em fumantes ativos quanto em indivíduos expostos à fumaça passiva, incluindo crianças e adolescentes, o que contribui precocemente para a disfunção endotelial e o desenvolvimento da aterosclerose (JIA *et al.*, 2024). Embora seja um

efeito dose-dependente, parte desse dano pode ser revertido com a cessação do tabagismo.

A disfunção endotelial e a aterosclerose precoce em jovens são influenciadas significativamente pelo estilo de vida adotado, especialmente pelo comportamento sedentário. Uma meta-análise reforçou essa relação ao demonstrar que indivíduos sedentários apresentam risco 30% maior de desenvolver DCVs fatais e não fatais em comparação com seus pares mais ativos, visto que o sedentarismo promove alterações bioquímicas no endotélio, como a redução da produção de NO, que mantêm a homeostase vascular, gerando um ambiente pró-inflamatório e pró-trombótico, aumentando a expressão de moléculas adesivas e citocinas inflamatórias que favorecem a infiltração de células inflamatórias na parede vascular, desencadeando a disfunção endotelial. Assim, corrobora a necessidade de limitar o sedentarismo para preservar a integridade endotelial e retardar o desenvolvimento da aterosclerose em populações jovens, alinhando-se às recomendações internacionais de saúde (ONAGBIYE *et al.*, 2024).

Em síntese, a disfunção endotelial representa um elo central entre fatores de risco cardiovasculares, como estresse oxidativo, dislipidemia, hiperglicemia e resistência à insulina, e o desenvolvimento da aterosclerose. O rompimento do equilíbrio redox, a perda da biodisponibilidade de óxido nítrico e o predomínio de mecanismos inflamatórios e vasoconstritores criam um ambiente propício para o início e a progressão da doença aterosclerótica. Esses processos podem ser iniciados precocemente, principalmente em jovens com hábitos de vida inadequados, o que ressalta a importância de intervenções educacionais e preventivas desde as fases iniciais da vida para preservar a saúde vascular e reduzir a carga das doenças cardiovasculares na população. Compreender esses me-

canismos é fundamental não apenas para o entendimento da fisiopatologia, mas também para o desenvolvimento de estratégias terapêuticas mais eficazes na prevenção e no manejo das doenças cardiovasculares.

Influência da alimentação no risco cardiovascular em jovens

As DCVs são desencadeadas principalmente por aterosclerose, a qual é caracterizada pelo depósito de placas de gordura e cálcio, impossibilitando a passagem do sangue, de maneira a gerar o fechamento das artérias, impossibilitar a oxigenação dos tecidos e resultar em infarto na região.

Dentre os fatores de risco para o desenvolvimento de DCVs estão: hipertensão arterial, glicose elevada no sangue, hipercolesterolemia, hipertrigliceridemia, sedentarismo, excesso de peso e obesidade, tabagismo e consumo excessivo de bebidas alcoólicas.

As DCVs atingem cada vez mais a população jovem, que não busca cuidar de seu organismo e ter uma vida mais saudável e prolongada. Os jovens adultos, estando entre a faixa etária de 15 e 30 anos de idade enfrentam situações importantes em sua vida, tais como o ingresso no ensino superior, construção de uma carreira profissional e formação de uma família. Assim, encontram-se atarefados com diferentes compromissos e planos, passando a ingerir alimentos sem valor nutritivo, não realizar exercícios físicos, dispor de poucas horas de sono, enfrentar momentos de pressão e esgotamento e outras situações prejudiciais à sua saúde cardiovascular. Portanto, é essencial que transformações de hábitos sejam recomendadas para que haja alimentação saudável, sono regular e práticas de exercícios físicos frequentes.

Além disso, nas últimas décadas, as mudanças enfrentadas pelo mundo atual, como urbanização, industrialização e avanço tecnológico,

geraram novos comportamentos, crenças e culturas na vida de inúmeras pessoas, principalmente na vida dos jovens, influenciando estilos de vida não saudáveis, marcados pela grande ingestão calórica e menor prática de exercícios físicos. Isso se torna um risco maior por desencadear, precocemente, complicações metabólicas como dislipidemia, hipertensão arterial e outras comorbidades, influenciando de forma negativa a qualidade de vida e a socialização dos jovens.

Hábitos de vidas prejudiciais estão cada vez mais frequentes na sociedade moderna, sobretudo por ser estimulado pelo consumismo e a rapidez dos acontecimentos, propulsionando a busca de prazer instantâneo, ingestão de drogas e bebidas alcoólicas, diminuição da prática de atividade física e consumo de *fast food*. Entretanto, o comportamento sedentário e a inatividade física, associados a uma alimentação não balanceada, com alto teor de gorduras e pobre em fibras e frutas, fazem com que haja cada vez mais jovens adultos em sobrepeso ou com obesidade, condições que estão atingindo valores alarmantes em todo o mundo.

A sociedade moderna está inserida em um ambiente que incentiva a conveniência e a acomodação, de modo que comportamentos sedentários estão cada vez mais presentes. Houve, igualmente, maior procura por alimentos industrializados, com grande quantidade de gordura, bebidas gasosas, e diminuição do consumo de frutas e verduras. Práticas alimentares irregulares estão cada vez mais frequentes pela diminuição do tempo destinado para preparação e consumo de alimentos, o que caracteriza uma sociedade cada vez mais imediatista e tecnológica.

A obesidade é verificada quando não se constata o balanço energético necessário entre a quantidade disponível de energia e a quantidade utilizada pelo organismo, derivando em acúmulo de gordura. É assimilada como o depósito

incomum de tecido adiposo corporal, a ser considerado contrário para o desenvolvimento saudável do indivíduo.

A obesidade e o sedentarismo são as principais causas desencadeadoras de doenças cardiovasculares e têm se apresentado como uma epidemia global na população jovem, considerada uma importante preocupação em saúde pública por causa, principalmente, das comorbidades associadas a essa patologia. A OMS define sobrepeso e obesidade como o acúmulo anormal de gordura que representa risco à saúde, aumentando principalmente o risco do desenvolvimento de aterosclerose. Contudo, tais estilos de vida impactam negativamente a qualidade de vida dos jovens, fazendo com que desenvolvam precocemente inúmeras doenças cardiovasculares.

Sedentarismo e exercício físico: impactos sobre a saúde endotelial

A integridade endotelial representa um elemento essencial para a homeostase vascular, sendo amplamente mediada pela síntese de NO, que ocorre por meio da eNOS. Essa integridade é fundamental para o adequado tônus vascular, para a inibição da agregabilidade plaquetária e para a regulação da permeabilidade capilar. A disfunção endotelial é considerada um evento precoce na fisiopatologia de diversas doenças cardiovasculares e metabólicas, caracterizando-se por redução na biodisponibilidade de NO, aumento do estresse oxidativo, inflamação e perda da capacidade de dilatação arterial dependente do endotélio.

O sedentarismo, definido como o comportamento caracterizado por gasto energético igual ou inferior a 1,5 equivalentes metabólicos (METs) em posição sentada ou deitada, tem sido associado a alterações negativas sobre o endotélio vascular. Estudos experimentais demonstram que a imobilidade prolongada,

mesmo por períodos inferiores a 24 horas, pode comprometer significativamente a FMD, um dos principais marcadores não invasivos da função endotelial. A exposição a três ou mais horas de postura sentada, por exemplo, reduz de forma aguda a FMD arterial, especialmente em membros inferiores. Além disso, o tempo total de sedentarismo, sobretudo quando acumulado sem interrupções, tem sido correlacionado com aumento da rigidez arterial, elevação da pressão arterial diastólica e maior predisposição à formação de placas ateroscleróticas.

Por outro lado, a prática regular de exercício físico tem demonstrado efeitos restauradores sobre a função endotelial. Meta-análises recentes apontam que diferentes modalidades de atividade física, como o exercício aeróbico contínuo, o treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT) e o exercício resistido, são capazes de melhorar significativamente a FMD, com ganhos entre 2% e 3%, dependendo da intensidade, da duração e da adesão ao programa. Em adultos de meia-idade e idosos, o exercício vigoroso com intensidade superior a 65% do consumo máximo de oxigênio (VO₂max), por períodos iguais ou superiores a oito semanas, tem promovido aumento expressivo da FMD, resultando em redução do risco cardiovascular estimado em até 13%.

Os mecanismos fisiológicos que explicam esses efeitos benéficos são diversos. O estresse de cisalhamento, gerado pelo aumento do fluxo sanguíneo durante o exercício, estimula diretamente a eNOS, favorecendo a produção de NO. Além disso, há redução de citocinas inflamatórias como IL-6 e TNF- α , bem como das espécies reativas de oxigênio, contribuindo para uma melhora da biodisponibilidade de NO. Também é observada a ativação de vias intracelulares, como SIRT1-PGC-1 α , que promovem eficiência mitocondrial e regulação redox, além do aumento na expressão de VEGF (fator de

crescimento endotelial vascular), que estimula a angiogênese e o reparo vascular.

Intervenções simples, como pausas ativas ao longo do dia, também têm mostrado resultados significativos. Breves interrupções do tempo sentado com caminhadas de dois a cinco minutos a cada 30 ou 60 minutos são suficientes para evitar o declínio da função endotelial, elevar o fluxo sanguíneo e preservar a vasodilatação mediada por fluxo. Essa abordagem tem se mostrado especialmente eficaz em indivíduos com fatores de risco como obesidade, hipertensão e diabetes mellitus.

Do ponto de vista clínico, as diretrizes da OMS e do American College of Sports Medicine recomendam evitar períodos prolongados de inatividade e manter pelo menos 150 a 300 minutos semanais de atividade física de intensidade moderada, podendo-se incluir sessões vigorosas. A combinação entre exercício aeróbico e resistido, por períodos superiores a doze semanas, proporciona melhora significativa da função endotelial e aumento da reserva vasodilatadora em até 29%.

Apesar das evidências robustas, os desafios permanecem na implementação dessas estratégias em larga escala. Barreiras como falta de tempo, limitações ambientais e culturais, e ausência de suporte institucional ou familiar limitam a adesão à prática regular de exercício. Soluções como a introdução de tecnologias vestíveis (*wearables*) com alertas de movimento, redesenho de espaços laborais para maior mobilidade e campanhas de incentivo em escolas e unidades de saúde têm sido consideradas medidas eficazes.

Conclui-se, portanto, que o sedentarismo compromete a função endotelial por meio de mecanismos complexos que envolvem a redução da biodisponibilidade de NO, a inflamação crônica de baixo grau e o aumento do estresse oxidativo. Em contrapartida, o exercício físico

regular se mostra uma intervenção eficaz e cientificamente embasada para restaurar e manter a integridade vascular, sendo fundamental em programas de prevenção e promoção da saúde pública.

Tabagismo, álcool e uso de substâncias: agressores vasculares em idades precoces

A adolescência é um período de profundas transformações biológicas, cognitivas, emocionais e sociais, tornando o indivíduo mais vulnerável a atitudes que podem distanciá-lo de uma qualidade de vida plena e saudável. Logo, ele desenvolve comportamentos prejudiciais à saúde, como a alimentação inadequada, sedentarismo, tabagismo, consumo de álcool e drogas.

Dessa forma, é notável destacar os efeitos nocivos do tabagismo na saúde cardiovascular, a exemplo da aterosclerose e trombose. Nesse sentido, a fumaça do cigarro leva à disfunção endotelial uma vez que induz a redução da biodisponibilidade de óxido nítrico, o aumento dos níveis de ânion superóxido e a liberação de endotelina. Além disso, o tabagismo eleva de forma sistêmica os marcadores inflamatórios e induz a expressão de moléculas de adesão e citocinas em vários tecidos, causando a inflamação crônica da parede vascular. Observa-se também danos ao DNA, ativação da imunidade inata e estresse oxidativo que favorecem adesão, agregação e coagulação plaquetária. Tais danos, por sua vez, estão correlacionados ao desequilíbrio na cascata de coagulação e da fibrinólise, levando, assim, à formação de trombos (ISHIDA *et al.*, 2022).

Com base nessa perspectiva, é de suma importância ressaltar que todas as formas de uso de tabaco são maléficas à saúde, como cigarro comum, cigarro eletrônico, narguilé, charutos e cachimbos, não existindo um nível seguro de exposição a eles. O consumo desses produtos tem aumentado principalmente entre os jovens,

especialmente o associado ao cigarro eletrônico, sendo de extrema relevância a implementação de ações de vigilância, planejamento e implementação de políticas públicas para melhorar esse quadro. Essa constatação caminha ao encontro do estudo transversal com dados da Pesquisa Nacional de Saúde do Escolar (PeNSE), elaborada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE) com parceria do Ministério da Saúde e com o apoio do Ministério da Educação, que compara as edições de 2015 e 2019. NO estudo, foram obtidos os seguintes resultados: entre 2015 e 2019, o consumo de cigarros entre adolescentes brasileiros permaneceu estável, mas houve um aumento na utilização de produtos derivados do tabaco, como narguilé e cigarro eletrônico, que passaram de 10,6% para 14,8%. Os fatores mais associados ao tabagismo nessa faixa etária incluíram idade entre 16 e 17 anos, autodeclaração de cor preta ou parda, ausência não autorizada às aulas, sensação de isolamento social, uso concomitante de álcool, outras drogas e exposição ao fumo passivo. Por outro lado, adolescentes sob supervisão familiar apresentaram menor probabilidade de fumar (MALTA *et al.*, 2024). Portanto, a exposição ao tabaco entre os adolescentes é um grave problema, representando um desafio à saúde pública.

Ademais, o consumo de álcool está relacionado a uma rigidez arterial devido ao remodelamento anormal dos vasos, decorrente da ação das metaloproteinases de matriz (MMP) as quais degradam o componente elastina e permitem o acúmulo de fibras de colágeno mais rígidas. O acúmulo de ROS, como o ânion superóxido, reduz os níveis de NO, o que provoca o aumento da vasoconstrição e da disfunção endotelial. Além disso, há evidências de que o álcool exerce efeito direto na musculatura lisa vascular ao permitir um influxo de cálcio ou por

ação endotelial, contribuindo para a rigidez arterial e consequente hipertensão (LIMA *et al.*, 2024).

Desse modo, vale a pena destacar o consumo excessivo de álcool pelos adolescentes devido ao fácil acesso, aos hábitos de consumo na família, à condição socioeconômica ruim e à permissividade social, fatores que contribuem para uma importante adversidade na saúde pública. Nesse viés, de acordo com o III Levantamento Nacional sobre o Uso de Drogas, aproximadamente 2,3 milhões de brasileiros apresentaram dependência de álcool no período de 12 meses anteriores à pesquisa. Dentre esses casos, cerca de 119 mil eram adolescentes com idades entre 12 e 17 anos. Assim, esse quadro é extremamente negativo ao grupo em análise, uma vez que se sabe o risco de dependência na vida adulta, os impactos na saúde mental associados aos sentimentos de solidão, tristeza, insônia e ideação suicida, além das doenças relacionadas ao abuso de álcool. Segundo o estudo da PeNSE anteriormente citado, observa-se que os adolescentes com 15 anos ou mais que fazem uso de cigarro, narguilé ou cigarro eletrônico, cujos pais também fumam e que convivem com amigos que consumiram bebida alcoólica no último mês, apresentaram maior probabilidade de consumir álcool. Destaca-se, ainda, que os estudantes do sexo masculino apresentaram menor probabilidade de experimentar bebidas alcoólicas. As amizades, especialmente com jovens que também bebem, estão entre os principais determinantes para o início do consumo nessa fase da vida. Outras evidências científicas afirmam que a existência de conflitos familiares está associada ao aumento do consumo de álcool entre jovens. Portanto, é essencial promover intervenções não somente aos adolescentes, mas também em seus grupos sociais e ambientes de convivência (MAGALHÃES *et al.*, 2024).

Outro fator recorrente entre os jovens é o uso de substâncias, que são divididas em lícitas (como álcool e tabaco) ou ilícitas (como maconha, cocaína e ecstasy). É importante discutir os diversos efeitos dessas substâncias no organismo, como o aumento significativo da frequência cardíaca, a ativação do sistema nervoso simpático, resultando em elevação da pressão sanguínea, a velocidade de condução e a excitabilidade cardíaca de forma geral. Essas alterações fisiológicas podem, por sua vez, levar ao consumo de oxigênio no músculo do coração, podendo desencadear infarto agudo do miocárdio (IAM), arritmias e dissecção aórtica (GAGNON *et al.*, 2022).

Dessa maneira, a faixa etária em destaque faz uso de substâncias devido a inúmeros motivos, dentre eles o ambiente no qual está inserido, que devido a contexto socioeconômico, disponibilidade da droga e características do âmbito familiar, como o elevado conflito e violência, deficiência na comunicação com os pais ou estilo parental negligente e permissivo, tende a conduzi-lo à vulnerabilidade (PEUKER *et al.*, 2020). Ademais, o incentivo social, a falta de informação de qualidade e a esfera sociocultural também influenciam nesse aspecto, reforçando as consequências sobre os jovens, a exemplo do absentismo, abandono e fracasso no ambiente escolar; além dos distúrbios mentais e isolamento social decorrentes desse processo. Assim, deve-se considerar ações direcionadas ao contexto vivenciado por eles, a exemplo do espaço escolar e do núcleo familiar, a fim de combater a dependência de drogas desse grupo etário (ALMEIDA & LANA, 2020).

Aspectos psicossociais, estresse crônico e disfunção endotelial

Os aspectos psicossociais exercem influência direta sobre a saúde cardiovascular, princi-

palmente no desenvolvimento precoce da aterosclerose em jovens. Desta forma, fatores como baixa qualidade das relações sociais, isolamento, ansiedade e depressão podem induzir comportamentos de risco, como o consumo excessivo de álcool, alimentação hipercalórica e sedentarismo. Nesse âmbito, essas práticas estão diretamente relacionadas à piora da função endotelial, uma vez que favorecem processos inflamatórios sistêmicos, dislipidemia e resistência à insulina. Estudos demonstraram que estressores psicossociais desde a infância estão associados a uma piora da função endotelial, o que gera maior estresse oxidativo e diminuição da atividade do SIRT1, a qual é uma enzima associada à proteção vascular (JENKINS *et al.*, 2021). Assim, os aspectos emocionais e sociais moldam escolhas comportamentais que contribuem de forma silenciosa para a lesão vascular precoce.

O estresse crônico, frequentemente presente na rotina de jovens devido a pressões acadêmicas, demandas profissionais e inseguranças sociais, representa um fator crítico para a disfunção endotelial. Nessa acepção, situações de constante estresse mantidas por longos períodos ativam o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, o que aumenta a liberação de cortisol e catecolaminas (adrenalina e noradrenalina), hormônios que promovem vasoconstrição, disfunção metabólica e inflamação endotelial (SHER *et al.*, 2020). Além disso, o estresse eleva a produção de EROs, reduzindo a biodisponibilidade de NO, substância fundamental para a dilatação vascular. Assim, é construído um ambiente propício à formação de placas ateroscleróticas de forma precoce em jovens.

Diante disso, é possível inferir que fatores psicossociais negativos e o estresse crônico colaboram significativamente para a disfunção endotelial e, conseqüentemente, para o desenvolvimento precoce da aterosclerose em jovens.

Tais fatores atuam de forma integrada, promovendo respostas fisiopatológicas que comprometem a integridade vascular. Dessa forma, destaca-se a necessidade de elaboração de estratégias preventivas que envolvam não apenas a abordagem clínica tradicional, mas também intervenções psicossociais e promoção de saúde mental, visando a redução do risco cardiovascular na juventude.

Inovações na prevenção e na detecção precoce da aterosclerose em jovens

A aterosclerose é uma doença multifatorial associada a fatores genéticos e fatores de risco, sendo estes lipídicos, como a dislipidemia, ou fatores não lipídicos, como tabagismo (ativo ou passivo), obesidade, sedentarismo, dieta inadequada e elevada pressão sanguínea (RAITAKARI, 2022). O diagnóstico geralmente é feito em pacientes mais velhos, já que raramente os sintomas aparecem antes da vida adulta, contudo, o processo fisiopatológico da doença pode começar em qualquer idade, inclusive na infância (STANESBY *et al.*, 2024). Portanto, a exposição a fatores de risco cardiovascular ainda na infância gera propensão ao desenvolvimento de aterosclerose pré-clínica e eventos cardiovasculares na vida adulta (RAITANAKI, 2022).

A exposição aos fatores de risco inicia o processo inflamatório, o qual se deve, em parte, à presença e à retenção de quantidades aumentadas da apolipoproteína-B contendo lipoproteínas na camada íntima arterial (RAITAKARI, 2022), a qual “estima a quantidade direta da concentração total de partículas lipídicas aterogênicas” (VISSEREN *et al.*, 2021) considerada um importante marcador da dislipidemia aterogênica. Apesar disso, muitas vezes, ela não é dosada por ter valor semelhante ao valor do colesterol LDL, que é calculado por meio do valor do colesterol total, o qual também possibilita a

análise da dislipidemia, que é o maior fator de risco para o desenvolvimento de aterosclerose. Dessa forma, como o colesterol LDL, por sua presença elevada na dislipidemia, é utilizado como marcador do aumento do risco de desfechos ateroscleróticos em pacientes adultos, foi cogitado que ele poderia ser extrapolado para a população pediátrica, como forma de detecção precoce de riscos cardiovasculares mesmo em crianças sem condições genéticas que levassem à dislipidemia, como a hipercolesterolemia familiar. Apesar disso, estudos recentes trazem que a concentração de colesterol não-HDL seria um melhor marcador (RAITAKARI, 2022) na predição de eventos cardiovasculares em crianças, além de não ter custos mais elevados em relação ao colesterol LDL e não ser necessário jejum para sua dosagem (STANESBY *et al.*, 2024).

O uso de exames de imagem, especialmente o ultrassom e a tomografia computadorizada, para a identificação de placas ateroscleróticas é predominante em pacientes assintomáticos adultos, com predileção pela ultrassonografia (GARG *et al.*, 2024). Contudo, na população infantil o uso se limita a “quantificar a espessura entre as camadas íntima e média [...] em pesquisas como forma de quantificar a carga vascular na aterosclerose em adultos e crianças. O espessamento da vasculatura íntima-média é fortemente correlacionado com a progressão precoce de lesões ateroscleróticas” (RAITAKARI, 2022). Quanto aos achados presentes em crianças e adolescentes com presença de fatores de risco para aterosclerose, é comum encontrar espessamento da camada íntima na aorta abdominal e na carótida (RAITAKARI, 2022), mesmo que ainda não haja evolução para a doença aterosclerótica em si.

Considerando o risco de desenvolvimento de doença aterosclerótica na vida adulta, há di-

versas formas de prevenção que podem ser aplicadas para crianças e adolescentes. As medidas não farmacológicas são melhor concebidas, já que o uso de estatinas, apesar de seguro na infância (sendo usados na população pediátrica para controle de dislipidemia familiar, por exemplo), poderia expor crianças, que apresentam alterações lipídicas por fatores modificáveis, aos riscos farmacológicos do uso de tais medicamentos (RAITAKARI, 2022).

Dessa forma, é prioritário que crianças e adolescentes que apresentem fatores de risco não lipídicos (tabagismo passivo ou ativo, obesidade, sedentarismo e dieta inadequada) sejam tratadas de forma multidisciplinar no sistema de saúde, com a presença de nutricionistas para repensar a dieta adequada para a faixa etária e necessidades calóricas, bem como realizar orientação médica sobre a prática de atividades físicas e quais podem ser realizadas, considerando as características individuais e possíveis limitações da criança, pensando na introdução de um estilo de vida que auxilie a saúde cardiovascular e que possa ser mantido (PATEL & DANIELS, 2020).

A prevenção de doenças cardiovasculares também apresenta esferas além da individual. Se considerarmos a promoção da saúde em níveis populacionais, a esfera política também pode modificar fatores de risco não lipídicos, como com a promoção da taxação de produtos derivados de tabaco e de locais onde é proibido fumar, medidas para melhorar as merendas escolares e o oferecimento de atividades físicas nas escolas (RAITAKARI, 2022). No Brasil, em 2011, tivemos um exemplo prático da possibilidade de interferência governamental sobre o tabaco com a lei federal nº 12.546 de 2011, a qual proibiu o consumo de tabaco e derivados em locais coletivos, sejam eles públicos ou privados (BRASIL, 2011). Sendo assim, aliando

as diversas esferas envolvidas na saúde coletiva, é possível prevenir o desenvolvimento da aterosclerose em indivíduos sem fatores genéticos de risco, já que as medidas não farmacológicas são a principal forma de prevenção em crianças e adolescentes (RAITAKARI, 2022).

CONCLUSÃO

Esta pesquisa teve como foco as doenças cardiovasculares em jovens, com ênfase na disfunção endotelial e na aterosclerose precoce, buscando evidenciar a influência significativa do estilo de vida nesses processos patológicos. Por meio de uma revisão sistemática da literatura, foi possível identificar que a disfunção endotelial, considerada um precursor silencioso da aterosclerose, pode ser agravada por hábitos de vida inadequados, como o sedentarismo, a alimentação desequilibrada, o tabagismo e o consumo excessivo de álcool. Tais fatores comprometem a integridade vascular e favorecem o surgimento de complicações cardiovasculares em indivíduos jovens.

Os resultados reforçam a importância de intervenções preventivas e da promoção de estilos de vida saudáveis desde a adolescência, como a prática regular de atividades físicas e a adoção de uma dieta balanceada. Essas medidas mostraram-se eficazes na reversão da disfunção endotelial por mecanismos associados à maior biodisponibilidade de óxido nítrico, redução da inflamação sistêmica e estímulo à regeneração vascular. Além disso, a análise ressaltou a necessidade de políticas públicas voltadas à saúde cardiovascular da juventude, considerando tanto os aspectos fisiológicos quanto os determinantes psicossociais que influenciam comportamentos e escolhas de saúde.

Diante da crescente incidência de doenças cardiovasculares em faixas etárias cada vez mais precoces, é imperativo que profissionais

de saúde, educadores, gestores públicos e famílias unam esforços na implementação de estratégias de prevenção. Tais estratégias devem incluir melhorias na alimentação, incentivo à atividade física e ações de educação psicossocial nas escolas, com foco na promoção de hábitos saudáveis e na conscientização sobre os riscos associados a comportamentos nocivos. A identificação precoce e o manejo eficaz de fatores de risco modificáveis são essenciais não apenas para retardar a progressão da aterosclerose, mas também para prevenir sua instalação.

Em síntese, este estudo contribui para o aprofundamento da compreensão sobre a relação entre disfunção endotelial e aterosclerose precoce, ao mesmo tempo em que destaca a urgência de intervenções integradas e efetivas voltadas à saúde cardiovascular dos jovens, visando a formação de uma geração mais consciente, saudável e com menor risco de morbimortalidade cardiovascular no futuro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, C.S. & LANA, F.C.F. Relations between sociocultural spaces and the consumption of psychoactive substances by adolescents. *Revista Gaúcha de Enfermagem*, v. 41, 2020. doi: 10.1590/1983-1447.2020.20190335.
- DEVESA, A. *et al.* Primary prevention of subclinical atherosclerosis in young adults. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 82, p. 2152, 2023. doi: 10.1016/j.jacc.2023.09.817.
- GAGNON, L.R. *et al.* Cardiac complications of common drugs of abuse: pharmacology, toxicology, and management. *Canadian Journal of Cardiology*, v. 38, p. 1331, 2022. doi: 10.1016/j.cjca.2021.10.008.
- GARG, P. K. *et al.* Assessment of subclinical atherosclerosis in asymptomatic people in vivo: measurements suitable for biomarker and mendelian randomization studies. *Arteriosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology*, v. 44, p. 24, 2024. doi: 10.1161/ATVBAHA.123.320138.
- ISHIDA, M. *et al.* Cigarette smoking and atherosclerotic cardiovascular disease. *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis*, v. 31, 2024. doi: 10.5551/jat.RV22015.
- JENKINS, N.D.M. *et al.* Childhood psychosocial stress is linked with impaired vascular endothelial function, lower SIRT1, and oxidative stress in young adulthood. *American Journal of Physiology–Heart and Circulatory Physiology*, v. 321, p. H532, 2021. doi: 10.1152/ajpheart.00123.2021.
- JIA, X. *et al.* The association between smoking exposure and endothelial function evaluated using flow-mediated dilation values: a meta-analysis. *BMC Cardiovascular Disorders*, v. 24, p. 292, 2024. doi: 10.1186/s12872-024-03915-x.
- JIANG, X. *et al.* Mechanisms of oxidized LDL mediated endothelial dysfunction: implications for atherosclerosis. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, v. 9, 2022. doi: 10.3389/fcvm.2022.925923.
- KUMAR, V. *et al.* Robbins & Cotran: patologia: bases patológicas das doenças. 10. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2021.
- LIBBY, P. The changing landscape of atherosclerosis. *Nature*, v. 592, p. 524, 2021. doi: 10.1038/s41586-021-03392-8.
- LIMA, J.C. *et al.* Impacto do álcool no organismo: uma revisão dos mecanismos fisiopatológicos. *Brazilian Journal of Health Review*, v. 7, p. 7660, 2024. doi: 10.34119/bjhrv7n1-625.
- MAGALHÃES, L.S. *et al.* Fatores associados ao uso de álcool em adolescentes. *Cogitare Enfermagem*, v. 29, 2024. doi: 10.1590/ce.v29i0.93922.
- MAINARDES, V.T. *et al.* Promoção de saúde cardiovascular na infância e na adolescência: uma revisão da literatura. *Revista de Medicina*, v. 101, 2022. doi: 10.11606/issn.1679-9836.v10i1i6e-199841.
- MALTA, D.C. *et al.* Mudanças no uso do tabaco entre adolescentes brasileiros e fatores associados. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 29, 2024. doi: 10.1590/1413-81232024299.08252023.
- MAN, A.W.C. *et al.* Impact of lifestyles (diet and exercise) on vascular health: oxidative stress and endothelial function. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, v. 2020, 2020. doi: 10.1155/2020/1496462.
- MANGILI, L. Alta prevalência de dislipidemias em crianças e adolescentes: oportunidade para prevenção. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 114, p. 57, 2019. doi: 10.36660/abc.20190761.
- MARUHASHI, T. & HIGASHI, Y. Pathophysiological association between diabetes mellitus and endothelial dysfunction. *Antioxidants*, v. 10, p. 1306, 2021. doi: 10.3390/antiox10081306.
- OLIVEIRA, G.M.M. *et al.* Estatística cardiovascular – Brasil 2023. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 121, 2024. doi: 10.36660/abc.20240079.
- ONAGBIYE, S. *et al.* Association of sedentary time with risk of cardiovascular diseases and cardiovascular mortality: a systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. *Preventive Medicine*, v. 179, 2024. doi: 10.1016/j.ypmed.2023.107812.
- PATEL, S.S. & DANIELS, S.R. Beginning with the end in mind: the case for primordial and primary cardiovascular prevention in youth. *Canadian Journal of Cardiology*, v. 36, p. 1344, 2020. doi: 10.1016/j.cjca.2020.07.002.
- PEUKER, A.C.W. *et al.* Uso de álcool e outras drogas por adolescentes: associações com problemas emocionais e comportamentais e o funcionamento familiar. *Psicologia Clínica*, v. 32, p. 315, 2020. doi: 10.33208/PC1980-5438v0032n02A06.
- RAITAKARI, O. *et al.* Prevention of atherosclerosis from childhood. *Nature Reviews Cardiology*, v. 19, p. 543, 2022. doi: 10.1038/s41569-021-00647-9.
- SHER, L.D. *et al.* Chronic stress and endothelial dysfunction: mechanisms, experimental challenges, and the way ahead. *American Journal of Physiology–Heart and Circulatory Physiology*, v. 319, p. H488, 2020. doi: 10.1152/ajpheart.00244.2020.

STANESBY, O. *et al.* Tracking of serum lipid levels from childhood to adulthood: systematic review and meta-analysis. *Atherosclerosis*, v. 391, p. 117482, 2024. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2024.117482.

SUZUKI, T. *et al.* Lipid profiles after changes in alcohol consumption among adults undergoing annual checkups. *JAMA Network Open*, v. 8, e250583, 2025. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2025.0583.

VISSEREN, F.L.J. *et al.* 2021 ESC Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *European Heart Journal*, v. 42, p. 3227, 2021. doi: 10.1093/eurheartj/ehab484.

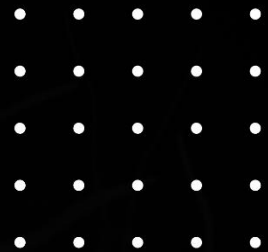
ZIMMERMANN, F. B. *et al.* Associação entre fatores de risco cardiovascular e placas nas artérias carótidas em um estudo populacional: estudo SHIP-Brasil. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 122, 2025. doi: 10.36660/abc.20240546.

CARDIOLOGIA

TEORIA E PRÁTICA

EDIÇÃO XXII

Capítulo 3



ESTADO DA ARTE QUANTO À PROTEÇÃO DO DESFECHO DE AVE EM PACIENTES SUBMETIDOS A TAVI

LAURA HECK ZETTERMANN¹
ULYSSES RAZIA CAVALCANTI¹
VINICIUS CAMPOS DIAS¹
GABRIEL MELO ROTH DE OLIVEIRA¹
MARIA LAURA ZSCHORNACK STRELOW¹
EMANUELA DALTOÉ PARIS¹

1. Discente – Medicina da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS).

Palavras-chave

Implante de Válvula Aórtica Transcateter; Acidente Vascular Encefálico; Dispositivos de Proteção Cerebral.

DOI

10.59290/4002243250

EP EDITORA
PASTEUR

INTRODUÇÃO

Apesar dos avanços técnicos e da consolidação do implante transcater de válvula aórtica (TAVI) como terapia de primeira linha para a estenose aórtica grave em diversos perfis de risco, o acidente vascular encefálico (AVE) continua sendo uma das complicações mais alarmantes do procedimento. Esse desfecho tem grande impacto no prognóstico do paciente, frequentemente comprometendo de forma importante a qualidade de vida e estando frequentemente associado à perda funcional, internações prolongadas e dependência para atividades básicas (HILDICK-SMITH *et al.*, 2011).

A persistência do AVE como problema após a TAVI é explicada por múltiplos mecanismos interrelacionados. Durante o procedimento, a manipulação de estruturas altamente calcificadas, como a válvula aórtica nativa e o arco aórtico, favorece o desprendimento de partículas sólidas, fragmentos ateromatosos e material trombótico. Esses detritos podem migrar para a circulação cerebral causando eventos embólicos. Mesmo quando assintomáticos, esses episódios deixam lesões isquêmicas detectáveis por neuroimagem, associadas a déficits cognitivos cumulativos e risco aumentado de demência.

Além dos fatores técnicos, é comum entre os pacientes submetidos a TAVI o compartilhamento de características consideradas como comorbidades de alto risco para eventos cerebrovasculares, incluindo idade avançada, aterosclerose difusa, disfunção endotelial e, frequentemente, fibrilação atrial, que é uma das principais causas de embolização cerebral. Tais elementos tornam essa população especialmente vulnerável, dificultando a prevenção eficaz dos AVEs.

Embora dispositivos de proteção cerebral tenham sido desenvolvidos com o objetivo de reduzir a carga embólica durante o TAVI, os benefícios clínicos ainda são limitados. Além disso, sua aplicação rotineira ainda é restrita, devido a fatores anatômicos, custo e falta de evidência robusta de benefício clínico em larga escala.

Portanto, o AVC ainda representa um desfecho crítico em pacientes submetidos a TAVI. As causas multifatoriais que envolvem essa complicação, como a dificuldade de prevenção efetiva, as limitações tecnológicas atuais e o elevado risco basal dos pacientes, somadas à sua frequência significativa de ocorrência tornam os acidentes tromboencefálicos uma preocupação vigente. Mesmo com avanços em dispositivos, técnicas e experiência dos operadores, garantir a segurança neurológica plena segue sendo um desafio da terapia transcater valvar.

Os dispositivos de proteção cerebral (DPCs) são equipamentos que foram desenvolvidos para o acompanhamento pericirúrgico de pacientes submetidos a operações como TAVI, com o intuito de reduzir a exposição a desfechos cardiovasculares desfavoráveis de origem embólica, como os acidentes vasculares cerebrais (AVC). O uso de DPCs tem sido progressivamente incorporado no manejo de tais pacientes, contando com diferentes mecanismos capazes de minimizar a liberação de detritos que pode ocorrer durante a inserção da válvula exógena. Embora a viabilidade e a segurança dos DPCs já tenham sido previamente demonstradas, sua real eficácia ainda é objeto de investigação.

Neste capítulo, propomos uma análise crítica e aprofundada da eficácia, viabilidade e aplicabilidade dos DPCs na prevenção de desfechos tromboembólicos cerebrais possível-

mente letais ou incapacitantes. Ainda, o trabalho tem como intuito avaliar comparativamente os diferentes modelos de dispositivos disponíveis, levando em conta seus diferentes mecanismos de ação, bem como aspectos técnicos e práticos que orientam sua utilização clínica.

MÉTODOS

Este trabalho consiste em uma revisão narrativa sobre o impacto do AVE no contexto do TAVI, bem como sobre a eficácia e aplicabilidade dos DPCs como estratégia de mitigação de risco.

Foi realizada uma busca por estudos e revisões sistemáticas condizentes com o assunto nas bases de dados PubMed/MEDLINE, Scholar Google e UptoDate com o critério de ter no máximo 10 anos de publicação. Foram utilizados os descritores: “*transcatheter aortic valve implantation*” OR “TAVI” OR “TAVR”; AND “*stroke*” OR “*cerebrovascular accident*” OR “*neurological complications*”; AND “*cerebral embolic protection*” OR “*cerebral protection devices*”. Foram incluídos artigos publicados em inglês ou português, com ênfase no uso de DPCs e na sua eficácia com relação à prevenção de desfechos cerebrovasculares desfavoráveis. Excluíram-se trabalhos que não abordavam diretamente a relação entre TAVI, AVE ou DPCs.

A seleção dos estudos foi realizada por cada um dos autores com base em sua perspectiva individual de relevância. A síntese dos dados foi conduzida de forma narrativa e individual, sendo posteriormente avaliada pelo coordenador do capítulo, de forma a estabelecer a coesão e a coerência entre as evidências coletadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como ocorre AVE durante TAVI

A ocorrência de AVEs durante o procedimento de TAVI costuma ter uma origem isquêmica, relacionando-se frequentemente à embolização de material particulado. Esses materiais podem compreender fragmentos da válvula nativa calcificada, debris aterotrombóticos oriundos do arco aórtico ou de vasos iliofemorais manipulados, além de trombos formados em superfícies de cateteres ou dispositivos utilizados no procedimento (NAJJAR *et al.*, 2014). A passagem de guias, bainhas e cateteres através da aorta torácica e do arco aórtico, especialmente em pacientes com aterosclerose extensa ou placas instáveis, representa um dos principais momentos de risco para a liberação de êmbolos para a circulação cerebral.

Ademais, a preparação pré-operatória da válvula para o implante realizado com técnicas específicas, como a valvuloplastia com balão, pode gerar fatores de risco significativos para AVEs. Essa fase do procedimento, consiste na pré-dilatação da valva aórtica original para a implantação da prótese, podendo provocar o desprendimento de fragmentos calcificados que, ao entrarem na circulação sistêmica, alcançam os ramos da artéria carótida e vertebral, resultando em obstruções arteriais e isquemia cerebral (NOMBELA-FRANCO *et al.*, 2012). A implantação da prótese, especialmente em casos que envolvem reposicionamento ou recaptura parcial, também está associada a um aumento na carga embólica.

Além da embolização direta, episódios de disfunção hemodinâmica transitória, como hipotensão arterial ou bradicardia induzida durante a liberação valvar, podem contribuir para a ocorrência de lesões isquêmicas cerebrais, principalmente em zonas de transição perfusional. Ainda que menos comum como causa

isolada de AVE, a hipoperfusão pode ter papel sinérgico em pacientes com reserva cerebrovascular reduzida ou com estenoses significativas em vasos cervicais (DUBIEL *et al.*, 2021).

A ocorrência de cardiopatias como a fibrilação atrial também pode ser um fator de risco, seja esse um precedente do procedimento ou uma complicação desenvolvida durante o período perioperatório. Sua relação com eventos tromboembólicos é amplamente reconhecida, sendo uma causa significativa de AVEs tardios, especialmente quando a anticoagulação não é adequadamente ajustada nas primeiras semanas após a intervenção (MACK *et al.*, 2020).

Atualmente, a falha diagnóstica de eventos tromboencefálicos tornou o AVE uma complicação subestimada no que tange a sua relação à TAVI. Estudos de neuroimagem, em particular aqueles que utilizam ressonância magnética com difusão, comprovaram a falácia desta conclusão ao passo que tiveram sucesso em demonstrar que a maioria dos pacientes submetidos a TAVI desenvolve lesões cerebrais isquêmicas subclínicas. Estima-se que até 80% dos indivíduos apresentem novos focos de isquemia cerebral no pós-procedimento, mesmo na ausência de sintomas neurológicos evidentes (VON KUMMER *et al.*, 2018). Esses achados sugerem que o impacto neurológico do TAVI pode ser subestimado quando se consideram apenas os eventos clinicamente evidentes, levantando preocupações sobre o possível comprometimento cognitivo cumulativo a longo prazo.

Em termos temporais, os AVEs associados a TAVI podem ser classificados como periprocedimentais, quando ocorrem nas primeiras 24 a 72 horas após o procedimento, ou tardios, quando se manifestam até 30 dias depois. Os

primeiros estão mais frequentemente associados à manipulação mecânica e ao embolismo direto, enquanto os tardios geralmente são resultado de arritmias, trombos valvares ou outras complicações clínicas (RODGERS *et al.*, 2019).

Diante de todos esses fatores, percebe-se que o AVE é uma complicação severa e importante em pacientes submetidos a TAVI. Tal desfecho envolve componentes embólicos, mecânicos, hemodinâmicos e arrítmicos, podendo compreender tanto comorbidades prévias do paciente, quanto complicações derivadas da operação. O entendimento desses mecanismos é indispensável para o reconhecimento precoce dos riscos e para a aplicação de terapêuticas eficazes para a proteção cerebral, seja por meios medicamentosos ou pela aderência a dispositivos de proteção cerebral.

O que já tentamos fazer para reduzir esse risco

O AVE é uma das principais complicações após a realização do TAVI e está associado a um prognóstico clínico ruim, com incidência de 2,2% e mortalidade de 16,7% em 30 dias após o procedimento. A maioria dos acidentes vasculares cerebrais são causados por embolização de detritos liberados durante o procedimento de implantação da valva, geralmente ocorrendo nas primeiras 72 horas após TAVI.

Com o objetivo de reduzir a incidência de AVE após TAVI, considera-se uma série de estratégias. Além dos avanços operacionais e tecnológicos relacionados ao procedimento de implantação da valva aórtica, a otimização do uso de anticoagulantes e antiplaquetários após TAVI é de grande importância para reduzir a incidência de sangramento e eventos tromboembólicos (incluindo morte por causas cardiovasculares, acidente vascular cerebral de

qualquer causa, infarto do miocárdio ou sangramento não relacionado ao procedimento) (BROUWER *et al.*, 2020).

No estudo POPular TAVI, foi comparado o uso de DAPT X SAPT em pacientes submetidos a TAVI que não tinham indicação prévia ao procedimento de anticoagulação. Os pacientes do grupo da SAPT receberam aspirina na dose de 80 a 100 mg por dia durante todo o estudo. Nos pacientes que não haviam recebido aspirina anteriormente, foi administrada uma dose de ataque inicial de 300 mg de aspirina 1 dia antes do TAVI. Os pacientes do grupo da DAPT receberam aspirina na dose de 80 a 100 mg por dia mais clopidogrel na dose de 75 mg por dia durante 3 meses, seguido por aspirina isoladamente na dose de 80 a 100 mg até o final do estudo. Uma dose de ataque inicial de 300 mg de aspirina foi administrada 1 dia antes do TAVI em pacientes que não haviam recebido aspirina anteriormente e uma dose de ataque de 300 mg de clopidogrel foi administrada 1 dia antes ou no dia do TAVI. Ambos os grupos foram aconselhados a tomar aspirina por toda a vida.

Dentre os resultados do estudo, foi demonstrado que o uso de DAPT pós-TAVI aumentou o risco de sangramento em 1 ano em comparação ao uso de SAPT por três meses após o procedimento. A incidência de AVE em um ano foi semelhante nas duas abordagens.

Além das estratégias com o uso de anticoagulantes e antiplaquetários, estudos recentes abordam sobre o uso de DPCs. Esses dispositivos têm como função capturar e remover os detritos liberados durante a realização do TAVI, a fim de reduzir o risco de embolização e de lesão cerebral isquêmica periprocedimento. Dentre os diversos DPCs estudados, o único que atualmente é aprovado para uso clínico nos Estados Unidos e na Europa é o Sentinel, um sistema da Boston Scientific.

Apesar da proposta promissora dos DPCs na diminuição de risco de AVE pós-TAVI, o estudo BHF PROTECT-TAVI demonstrou que seu uso rotineiro não diminuiu a incidência de AVC nas 72 horas após o TAVI.

O que os dispositivos de proteção cerebral fazem e o que mostram os estudos

Quando tratamos de DPCs, há quatro modelos em investigação vigente, sendo dois deles disponíveis para uso clínico e os outros dois ainda em fase primária de estudo. Quanto ao mecanismo de ação, esses dispositivos se dividem em duas categorias: os que capturam (total ou parcialmente) detritos antes que atinjam as artérias cerebrais e os que desviam esses fragmentos para longe dos principais ramos arteriais do arco aórtico.

A abrangência da proteção também varia entre os dispositivos, podendo oferecer blindagem parcial, que compreende a cobertura de duas das três principais artérias do arco aórtico (tronco braquiocéfálico ou artéria carótida comum direita e artéria carótida comum esquerda), ou proteção total, que se estende à artéria vertebral esquerda, originada da artéria subclávia esquerda que se funde com a artéria vertebral direita para formar a artéria basilar (principal supridora da porção posterior do polígono de Willis). As implicações de deixar a artéria subclávia esquerda e, portanto, a artéria vertebral esquerda desprotegidas são clinicamente relevantes, podendo afetar de forma importante o prognóstico dos pacientes submetidos a TAVI (JIMENEZ DIAZ *et al.*, 2022).

Estudos demonstram que a circulação posterior e o hemisfério direito são particularmente vulneráveis à lesão cerebrovascular perioperatória (FANNING *et al.*, 2018). Tendo em vista que dispositivos com proteção parcial não contemplam adequadamente a artéria sub-

clávia esquerda, comprometendo a salvaguarda da circulação posterior, infere-se a superioridade dos DPCs com cobertura total em termos de segurança para pacientes com maior risco de eventos embólicos, todavia, tal hipótese segue em discussão para obtenção de comprovação científica.

Nesta subseção, serão abordados, de forma concisa, os quatro dispositivos atualmente disponíveis, tanto no cenário clínico quanto em pesquisa.

O sistema de proteção cerebral Sentinel, desenvolvido pela Boston Scientific (Marlborough, MA, EUA), é classificado como um dispositivo de proteção parcial, que conta com um mecanismo de captura de êmbolos. Sua atuação se baseia na utilização de dois filtros de poliuretano com poros de 140 µm fixados em uma estrutura de nitinol radiopaco. Esses filtros são posicionados nas artérias braquiocefálica e carótida comum esquerda, capturando êmbolos que passam pelos ramos principais do arco aórtico e são inseridos através de uma via acessória radicular (geralmente radial ou braquial), sendo progredido até sua posição ideal. Com ampla utilização clínica e aprovações regulatórias como FDA e CE, seu principal limite está na incapacidade de proteger adequadamente a circulação posterior (LINDER & SEIFFERT, 2022).

O TriGUARD 3™, desenvolvido pelo Keystone Heart (Tampa, FL, EUA), uma empresa Venus Medtech, é também um DPC conhecido e estudado no período vigente. Esse dispositivo conta com um mecanismo protetivo total, todavia, há uma ação embasada na deflexão de detritos. O equipamento utiliza uma malha de nitinol que se posiciona na parte superior do arco aórtico, cobrindo todas as saídas principais das três principais artérias (braquiocefálica, carótida esquerda e subclávia esquerda) e tem como forma de inserção ideal a

introdução via cateter arterial (com preferência femoral). Ele visa a cobertura total da circulação cerebral, incluindo a circulação posterior via a vértebra, contudo, apresenta maior complicação no posicionamento do dispositivo, podendo apresentar complicações relacionadas ao deslocamento da malha. Evidências definitivas da sua superioridade clínica com relação aos dispositivos de proteção parcial ainda seguem sendo pesquisadas.

Com relação ao ProtEmbo® Cerebral Protection System, desenvolvido pelo Protembis GmbH, Aachen, Alemanha, o funcionamento objetiva a proteção total e tem como meio de atuação a instauração de uma malha heparinada com poros de 60 µm na aorta para desviar ou capturar êmbolos antes que eles atinjam o cérebro. Sua implementação é temporária, sendo utilizado durante toda a intervenção de TAVI. O ProtEmbo® Cerebral Protection System pode ser inserido via punção radial esquerda utilizando uma agulha de 6 Fr. O sistema conta com uma estrutura que autoexpande, quando na posição adequada na aorta. Apesar de ter perspectivas promissoras para a aplicação clínica, o dispositivo ainda se encontra em fase de investigação, contando com dados limitados de uso clínico amplo.

Por fim, o Sistema de Proteção Embólica Emblok, criado pelo Innovative Cardiovascular Solutions (Grand Rapids, MI, EUA), é um dispositivo projetado para proteger todos os vasos supra-aórticos por meio de uma cobertura circunferencial completa do arco aórtico. O filtro é feito de uma malha de poliuretano com porosidade de 125 µm, sustentada por uma estrutura de nitinol posicionada proximalmente ao tronco braquiocefálico e tem como forma de inserção a utilização de um cateter arterial (preferencialmente em artéria femoral). O Emblock também é um dispositivo de uso temporário, devendo ser recapturado após a

operação para que o sistema de introdução transcateter possa ser removido do corpo (JIMENEZ DIAZ *et al.*, 2022).

Em análise comparativa, os diversos dispositivos apresentam características distintas para ampliar a eficácia da proteção cerebral em pacientes submetidos a TAVI. Quando consideramos a aplicação na clínica, os DPCs ainda se encontram em fase evolutiva, sendo amplamente estudados com o intuito de estabelecer um consenso científico adequado tanto para a eficiência dos dispositivos individualmente, quanto comparativamente. Para uma conclusão definitiva, é necessário um aprofundamento das pesquisas, principalmente quanto aos estudos clínicos randomizados. Desta forma, poderão ser estabelecidas as diretrizes oficiais de uso (LEVI *et al.*, 2024).

Por que ainda há dúvidas sobre o uso?

Apesar do seu crescente uso na prática clínica, o TAVI ainda gera dúvidas quanto à sua segurança e aplicabilidade universal. Desde sua introdução, o TAVI revolucionou o tratamento da estenose aórtica, especialmente entre pacientes com alto risco cirúrgico (KAPADIA *et al.*, 2022). Com evolução técnica, melhorias nos dispositivos e maior experiência e proficiência dos operadores, a indicação foi ampliada para grupos de menor risco, consolidando-se como alternativa à cirurgia convencional. No entanto, apesar dos avanços, ainda existem riscos importantes, sendo o AVE uma das principais limitações do procedimento, afetando tanto a morbidade quanto a mortalidade a curto e longo prazo (GASIOR *et al.*, 2023).

As principais fontes de incerteza em relação ao TAVI envolvem a incidência de eventos cerebrovasculares, clínicos e subclínicos e a eficácia, ainda debatida, dos DPCs. Estudos

demonstram que até 70% dos pacientes submetidos ao TAVI apresentam lesões cerebrais silenciosas detectáveis por ressonância magnética, associadas a declínio cognitivo futuro (GASIOR *et al.*, 2023). Os resultados dos estudos The SENTINEL e CLEAN TAVI, com o uso do dispositivo Sentinel, demonstraram eficácia na captura de material embólico em mais de 99% dos casos, embora os resultados quanto à prevenção de AVE clínico sejam conflitantes por não apresentar redução estatisticamente significativa nas taxas gerais de AVE. No estudo PROTECTED TAVR, a taxa de AVE total não diferiu significativamente entre os grupos com e sem DPC (2,3% vs. 2,9%; $p = 0,30$), embora tenha havido redução de AVCs incapacitantes (0,5% vs. 1,3%; $p = 0,02$) (KAPADIA *et al.*, 2022). Tais resultados, embora promissores, apresentam estatísticas de baixa consistência e levantam questionamentos sobre a magnitude do benefício clínico.

Além das limitações metodológicas dos estudos, outros fatores dificultam a aplicação ampla do TAVI e dos DPCs, como a ausência de critérios claros para seleção de pacientes que mais se beneficiariam da proteção cerebral, a variação no risco embólico de acordo com a anatomia, a técnica utilizada e o fato de que muitos DPCs ainda não são reembolsados por sistemas de saúde. Aspectos como os supracitados contribuem para a hesitação na prática clínica (SHEKHAR *et al.*, 2024). Consequentemente, embora a TAVI represente um avanço terapêutico notável, as evidências disponíveis ainda não permitem afirmar sua superioridade plena em todos os contextos, especialmente quanto à proteção neurológica, reforçando a necessidade de estudos adicionais para definir estratégias individualizadas de prevenção e manejo do AVE periprocedimento.

CONCLUSÃO

Como quaisquer *devices* no âmbito médico, sua utilização e popularização é refém de uma trinca de características inerentes à intervenção: custo, segurança e efetividade.

Pela portaria GM/MS Nº 3.414, de 9 de abril de 2024, a disposição do TAVI pelo Sistema Único de Saúde (SUS) conseguiu dissipar o investimento de pacientes e planos de saúde privados sobre o procedimento. Contudo, o gasto hospitalar ainda é de R\$50.461,44, sem contar com a disposição dos *devices* de proteção cerebral. Tal valor é reconstituído sumariamente pela melhora na qualidade de vida do paciente, com diminuição de gastos em reinternação e tratamento sobre doenças secundárias à estenose aórtica. Nesse sentido, mesmo com essas especulações, ainda não dispomos de um estudo que tenha conseguido avaliar financeiramente o impacto do procedimento no SUS, tampouco a associação ou custo dos *devices*, mesmo que no âmbito particular.

No contexto da efetividade, a bibliografia ainda destoa sobre sua real funcionalidade. Estudos recentes, como o BHF PROTECT-TAVI, não demonstraram uma redução significativa na incidência de AVE quando o DPC

foi utilizado rotineiramente durante o TAVI. Ainda, o estudo PROTECTED TAVR não constatou diferença significativa na incidência de AVC periprocedural entre os grupos com DPC e controle, apesar de ter avaliado uma tendência de redução de AVE incapacitante no grupo com DPC. Em 2025, a American Heart Association (AHA) comentou sobre novas evidências a respeito dos DPCs. Um grande ensaio clínico randomizado, realizado por Kharbanda *et al.* (2025), mostrou que o uso rotineiro desses dispositivos não resultou em redução significativa na incidência de AVE nas primeiras 72 horas após o procedimento. A meta-análise de Ahmad e Howard (2021) também não encontrou evidências estatisticamente significativas do DPC em desfechos clínicos ou parâmetros de neuroimagem vasculares.

Menos qualificados que os ensaios clínicos ou meta-análises, algumas coortes retrospectivas também sugeriram que o DPC pode estar associado à redução na taxa de AVE incapacitante e de mortalidade a curto prazo. No entanto, esses achados são limitados por potenciais vieses. Há necessidade de mais ensaios clínicos randomizados e posteriores meta-análises para evidenciar a aplicabilidade efetiva dos dispositivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

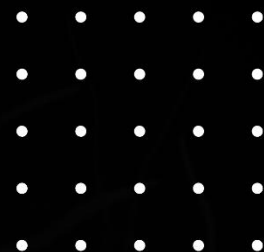
- AHMAD, Y. & HOWARD, J.P. Meta-analysis of usefulness of cerebral embolic protection during transcatheter aortic valve implantation. *American Journal of Cardiology*, v. 146, p. 69, 2021. doi: 10.1016/j.amjcard.2021.01.023.
- ATHAPPAN, G. *et al.* Influence of transcatheter aortic valve replacement strategy and valve design on stroke after transcatheter aortic valve replacement. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 63, p. 2101, 2014. doi: 10.1016/j.jacc.2014.02.540.
- BROUWER, J. *et al.* Aspirin with or without clopidogrel after transcatheter aortic-valve implantation. *New England Journal of Medicine*, v. 383, p. 1447, 2020. doi: 10.1056/nejmoa2017815.
- DANEAULT, B. *et al.* Stroke associated with surgical and transcatheter treatment of aortic stenosis. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 58, p. 2143, 2011. doi: 10.1016/j.jacc.2011.08.024.
- DUBIEL, J.S. *et al.* Cerebral embolism and neurological complications after transcatheter aortic valve replacement. *Journal of Cardiovascular Surgery*, v. 62, p. 18, 2021.
- FANNING, J.P. *et al.* Topographical distribution of perioperative cerebral infarction associated with transcatheter aortic valve implantation. *American Heart Journal*, v. 197, p. 113, 2018. doi: 10.1016/j.ahj.2017.12.008.
- GASIOR, S.A. *et al.* Optimal management of asymptomatic carotid artery stenosis: A systematic review and network meta-analysis. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, v. 65, p. 690, 2023. doi: 10.1016/j.ejvs.2023.01.020.
- HILDICK-SMITH, D. *et al.* Complications of transcatheter aortic valve implantation: avoidance and management. *EuroIntervention*, v. 7, p. 621, 2011. doi: 10.4244/EIJV7I5A99.
- HUDED, C.P. *et al.* Association between transcatheter aortic valve replacement and early postprocedural stroke. *JAMA*, v. 321, p. 2306, 2019. doi: 10.1001/jama.2019.7525.
- JIMENEZ DIAZ, V.A. *et al.* Stroke prevention during and after transcatheter aortic valve implantation: From cerebral protection devices to antithrombotic management. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, v. 9, p. 958732, 17 out. 2022. doi: 10.3389/fcvm.2022.958732.
- KAUR, A. *et al.* Role of cerebral embolic protection devices in patients undergoing transcatheter aortic valve replacement: an updated meta-analysis. *Journal of the American Heart Association*, v. 13, e030587, 2024. doi: 10.1161/JAHA.123.030587.
- KAPADIA, S.R. *et al.* Cerebral embolic protection during transcatheter aortic-valve replacement. *The New England Journal of Medicine*, v. 387, p. 1253, 2022. doi: 10.1056/NEJMoa2204961.
- KHARBANDA, R.K. *et al.* Routine cerebral embolic protection in transcatheter aortic valve implantation: rationale and design of the randomised British Heart Foundation PROTECT-TAVI trial. *EuroIntervention*, v. 18, p. 1428, 2023. doi: 10.4244/eij-d-22-00713.
- KHARBANDA, R.K. *et al.* Routine cerebral embolic protection during transcatheter aortic-valve implantation. *New England Journal of Medicine*, 30 mar. 2025. doi: 10.1056/nejmoa2415120.
- LEVI, A. *et al.* The impact of cerebral embolic protection devices on characteristics and outcomes of stroke complicating TAVR. *Jornal de Cardiologia Intervencional*, v. 17, p. 666, 2024. doi: 10.1016/j.jcin.2023.12.033.
- LINDER, M. & SEIFFERT, M. Periprocedural strategies for stroke prevention in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, v. 9, 2022. doi: 10.3389/fcvm.2022.892956.
- MACKE, M.J. *et al.* 5-year outcomes of transcatheter aortic valve replacement or surgical aortic valve replacement for high surgical risk patients with aortic stenosis. *JAMA*, v. 324, p. 2301, 2020. doi: 10.1016/S0140-6736(15)60308-7.
- NAJJAR, M. *et al.* Embolic protection devices during transcatheter aortic valve implantation: clinical benefits and perspectives. *Interventional Cardiology Review*, v. 9, p. 91, 2014.
- NOMBELA-FRANCO, L. *et al.* Neurological complications after transcatheter aortic valve implantation: a review. *Stroke*, v. 43, p. 541, 2012.
- RODGERS, R. *et al.* Stroke after transcatheter aortic valve replacement: timing, incidence, predictors, and outcomes. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, v. 94, p. 240, 2019.
- SHEKHAR, S. *et al.* Outcomes and predictors of stroke after transcatheter aortic valve replacement in the cerebral protection device era. *Journal of the American Heart Association*, v. 13, e034298, 2024. doi: 10.1161/JAHA.124.034298.
- VON KUMMER, R. *et al.* Silent cerebral infarctions after transcatheter aortic valve implantation: neuroimaging and clinical significance. *European Radiology*, v. 28, p. 4050, 2018.

CARDIOLOGIA

TEORIA E PRÁTICA

EDIÇÃO XXII

Capítulo 4



ESTRATÉGIAS DE TRATAMENTO DA HAS NA ATENÇÃO BÁSICA: REVISÃO DOS ANTI-HIPERTENSIVOS NO SUS

PEDRO COUTO BARBERATO¹
LARISSA MOREIRA COSTANSI¹
GABRIEL OLIVEIRA PEREIRA BATISTOTI PEDRO¹
GIOVANNA RODRIGUES LENCIONI¹
GIULIA GALVÃO GUIMARÃES¹
LAÍS SANTOS GOUVEA RODRIGUES DA SILVA¹
PAULO CIOLFI NETO¹

1. Discente – Faculdade de Ciências Médicas de São José dos Campos – Humanitas.

Palavras-chave
Hipertensão Arterial Sistêmica; Atenção Básica; Anti-hipertensivos.

DOI

10.59290/1390054725

EP EDITORA
PASTEUR

INTRODUÇÃO

A hipertensão arterial sistêmica (HAS) é uma condição clínica multifatorial caracterizada por níveis elevados e sustentados de pressão arterial (PA), em que a pressão arterial sistólica (PAS) é maior ou igual a 140 mmHg e/ou a pressão arterial diastólica (PAD) é maior ou igual a 90 mmHg, aferidas em pelo menos duas ocasiões diferentes (SBC, 2020).

No Brasil, representa um dos principais desafios de saúde pública, apresentando, em 2023, a maior prevalência nas capitais brasileiras desde 2006 (SBC, 2020), configurando-se como importante fator de risco para doenças cardiovasculares, cerebrovasculares e renais (SBC, 2020), sendo responsável por pelo menos 40% das mortes por acidente vascular cerebral, por 25% das mortes por doença arterial coronariana e, em combinação com o diabetes, 50% dos casos de insuficiência renal terminal (BRASIL, 2024).

Modificações de estilo de vida são de fundamental importância no processo terapêutico e na prevenção da hipertensão. Alimentação adequada, sobretudo quanto ao consumo de sal, controle do peso, prática de atividade física, tabagismo e uso excessivo de álcool, são fatores de risco que devem ser adequadamente abordados e controlados, sem os quais, mesmo doses progressivas de medicamentos não resultarão alcançar os níveis recomendados de pressão arterial (BRASIL, 2024).

Para melhorar a assistência a pessoas com hipertensão arterial e diabetes mellitus, o Ministério da Saúde lançou em 2001 o Plano de Reorganização da Atenção à Hipertensão Arterial e ao Diabetes (HiperDia). Este plano consiste em um sistema de cadastro destinado a

monitorar e organizar a distribuição de medicamentos para indivíduos com essas comorbidades de maneira eficiente e estruturada (RIBEIRO *et al.*, 2023).

Na esfera da atenção primária à saúde, o manejo adequado da HAS é fundamental para reduzir complicações a médio e longo prazo, além de impactar positivamente os indicadores de morbimortalidade. O Sistema Único de Saúde (SUS) desempenha papel essencial nesse processo ao oferecer gratuitamente uma gama de medicamentos anti-hipertensivos, viabilizando o acesso à terapêutica adequada e contínua (BRASIL, 2024b).

O objetivo deste estudo é conhecer os fármacos disponíveis no SUS, suas indicações, efeitos colaterais e potenciais associações, algo indispensável ao médico da atenção primária.

MÉTODO

O estudo foi embasado em uma revisão de literatura, por meio das bases SciELO, PubMed e documentos oficiais do Ministério da Saúde. Foram selecionados artigos científicos e diretrizes clínicas publicadas entre os anos de 2006 e 2024, que abordam o tratamento da HAS no contexto da Atenção Básica no Brasil. O objetivo principal foi identificar os medicamentos disponíveis pelo SUS, bem como os esquemas terapêuticos e abordagens mais utilizados na prática clínica cotidiana. A seleção considerou publicações em português e inglês, dando maior enfoque nas evidências atualizadas e de relevância para a saúde pública. As palavras-chave utilizadas na pesquisa foram: “Hipertensão arterial sistêmica”, “Atenção básica”, “Anti-hipertensivos”, “Sistema Único de Saúde” e “Tratamento farmacológico”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os agentes anti-hipertensivos exercem sua ação terapêutica através de distintos mecanismos que interferem na fisiopatologia da hipertensão arterial (BRASIL, 2024a). O SUS oferece diversas classes de anti-hipertensivos, incluindo inibidores da enzima conversora de angiotensina (IECA), como captopril e enalapril, bloqueadores dos receptores de angiotensina II (BRA), como a losartana, betabloqueadores

(BB), como atenolol, propranolol e metoprolol, diuréticos (DIU), como hidroclorotiazida, furosemida e espironolactona, bloqueadores de canais de cálcio (BCC), como anlodipino e nifedipino, e vasodilatadores diretos, como hidralazina (BRASIL, 2021). Esses medicamentos são disponibilizados em diferentes dosagens e formas farmacêuticas, permitindo a individualização do tratamento conforme as necessidades dos pacientes (BRASIL, 2021).

Quadro 4.1 Fármacos primeira escolha para HAS disponíveis no SUS

Classe medicamentosa	Medicação	Dose habitual diária (mg)	Efeitos adversos
Inibidores da enzima conversora de angiotensina II (IECA)	Captopril	25-150 mg	Tosse, efeitos teratogênicos, angioedema, modificação do paladar, hiperpotassemia, piora da função renal em presença de estenose de artéria renal
	Enalapril	5-40 mg	
Bloqueadores do receptor de angiotensina (BRA)	Losartana	50-100 mg	Hiperpotassemia, diminuição de função renal em presença de estenose de artéria renal
Diuréticos (DIU)	Hidroclorotiazida (DIU Tiazídico)	25-50 mg	Hiperuricemia e aumento de crises de gota e intolerância aos carboidratos hipocalemia
	Espironolactona (DIU poupador de potássio)	25-100 mg	Hiperpotassemia, ginecomastia e diminuição da libido
	Furosemida (DIU de alça)	20 - 320 mg	Hipopotassemia, hipovolemia (com ototoxicidade), prováveis manifestações que podem incluir síncope
Bloqueadores dos canais de cálcio (BBC)	Anlodipino	2,5-10 mg	Palpitações, edema de membros inferiores
	Nifedipino	10-60 mg	
Bloqueador adrenérgico (betabloqueador)	Atenolol	25 a 100 mg	Bradicardia, vertigem, fadiga, disfunção sexual, distúrbio do sono, broncoespasmo
	Propranolol	50 a 200 mg	
	Metildopa	250 a 2.000 mg	

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2024a.

Quadro 4.2 Fármacos de segunda escolha para HAS disponíveis no SUS

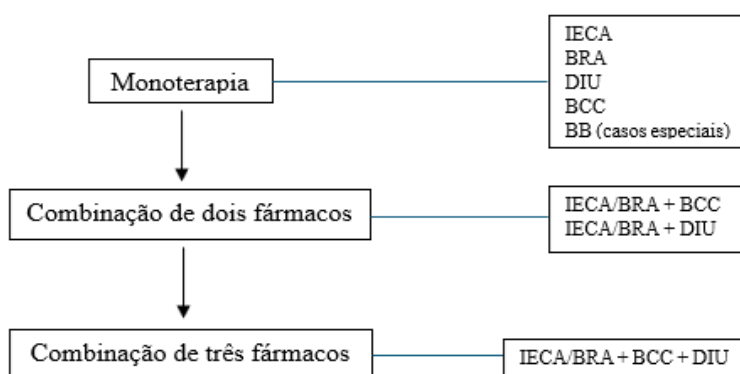
Classe medicamentosa	Medicação	Dose habitual diária (mg)	Efeitos adversos
Vasodilatadores diretos	Cloridrato de Hidralazina	50-200 mg	Hipotensão postural, palpitações, cefaleia

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2024a.

Na atenção básica, os esquemas terapêuticos variam conforme a gravidade da HAS, isto é, conforme seu estágio, risco cardiovascular global e presença de comorbidades associadas. A monoterapia é indicada para pacientes com PA 130-139 mmHg e/ou 85-89 mmHg de alto risco cardiovascular, estágio 1 de baixo risco, muito idosos e/ou frágeis (BRASIL, S.d.; SILVA *et al.*, 2022). Nessas situações, é possível optar entre BRA, IECA, diuréticos ou bloqueadores dos canais de cálcio, de acordo com a tolerância e o perfil clínico do paciente (SBC, 2020). Em casos especiais, como pacientes pós-infarto agudo do miocárdio, angina, controle da frequência cardíaca, insuficiência cardíaca e

mulheres jovens com potencial para engravidar, pode-se optar por início com betabloqueadores. Em apresentação de resistência ou necessidade de maior controle pressórico, recomenda-se a associação de duas classes, geralmente combinando diuréticos com IECA/BRA ou bloqueadores de canal de cálcio. Se a meta ainda não for atingida, deve-se associar IECA/BRA + BCC + DIU. Se ainda assim não houver controle adequado e a pressão se mantiver $\geq 140/90$, deve-se encaminhar ao especialista para investigação de causas secundárias, conforme preconizado pelas Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial (SBC, 2020).

Figura 4.1 Esquema terapêutico para tratamento de HAS



Fonte: Adaptada de SBC, 2020.

A prevalência de HAS aumenta com a idade: atinge cerca de 50% dos indivíduos entre 60 e 69 anos, e pode ultrapassar 75% nos maiores de 70 anos (BRASIL, 2023). Esse dado reforça a importância do rastreamento sistemático e da intervenção precoce na população idosa,

frequentemente atendida na atenção básica. O fortalecimento da equipe multiprofissional e o seguimento longitudinal são pilares para garantir adesão terapêutica e controle adequado da pressão arterial, evitando complicações como

AVC, infarto agudo do miocárdio e insuficiência renal (DANTAS & RONCALLI, 2019; BRASIL, 2022).

O manejo da hipertensão arterial na atenção básica é facilitado pela disponibilidade de diversos anti-hipertensivos no SUS (BRASIL, 2021). A escolha do esquema terapêutico deve ser individualizada, considerando eficácia, tolerabilidade e comorbidades dos pacientes (BRASIL, S.d.). A compreensão dos medicamentos disponíveis e das práticas terapêuticas mais comuns é essencial para otimizar o controle da HAS e reduzir suas complicações (BRASIL, 2006); (BRASIL, 2022).

Portanto, conhecer os fármacos disponíveis no SUS, suas indicações, efeitos colaterais e potenciais associações é indispensável ao médico da atenção primária (BRASIL, 2021). A racionalização do uso desses medicamentos, com foco em eficácia, segurança e custo-benefício, é parte essencial do cuidado contínuo prestado ao paciente hipertenso e deve ser feito de forma individualizada (BRASIL, S.d.). A atuação integrada entre profissionais de saúde, aliada a protocolos clínicos atualizados, permite que o tratamento da hipertensão arterial na atenção básica seja não apenas possível, mas efetivo e hu-

manizado, reduzindo complicações e favorecendo o bem-estar contínuo (BRASIL, 2006; BRASIL, 2022).

CONCLUSÃO

O enfrentamento da hipertensão arterial sistêmica no âmbito da atenção básica demanda uma abordagem abrangente, que envolva tanto a promoção de hábitos saudáveis quanto o uso adequado de terapias farmacológicas. A ampla disponibilidade de medicamentos anti-hipertensivos no SUS representa um importante avanço na democratização do cuidado, permitindo a individualização do tratamento conforme o perfil clínico de cada paciente.

A escolha racional dos fármacos, aliada à adesão ao tratamento e ao seguimento multiprofissional contínuo, é essencial para o controle eficaz da pressão arterial e para a prevenção de complicações cardiovasculares, neurológicas e renais.

Nesse contexto, a qualificação das equipes de saúde, o uso de protocolos clínicos atualizados e o fortalecimento das ações de educação em saúde são estratégias fundamentais para tornar o cuidado mais efetivo, seguro e humanizado, especialmente junto à população mais vulnerável e idosa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Cadernos de atenção básica: diabetes mellitus. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

DANTAS, R.C.O. & RONCALLI, A.G. Protocolo para indivíduos hipertensos assistidos na Atenção Básica. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 24, 2019. doi: 10.1590/1413-81232018241.35362016

BRASIL. Ministério da Saúde. Linha de cuidado para atenção às pessoas com hipertensão arterial e diabetes mellitus na rede de atenção à saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Relatório aponta que número de adultos com hipertensão aumentou 3,7% em 15 anos no Brasil. Ministério da Saúde, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2022/maio/relatorio-aponta-que-numero-de-adultos-com-hipertensao-aumentou-3-7-em-15-anos-no-brasil>. Acesso em: 5 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Taxa de mortalidade por hipertensão arterial atinge maior valor dos últimos dez anos. Ministério da Saúde, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2023/maio/taxa-de-mortalidade-por-hipertensao-arterial-atinge-maior-valor-dos-ultimos-dez-anos>. Acesso em: 5 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Relação Nacional de Medicamentos Essenciais: RENAME 2024. Brasília: Ministério da Saúde, 2024a.

BRASIL. Ministério da Saúde Vigitel Brasil 2023: vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico. Brasília: Ministério da Saúde, 2024b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Medicamentos anti-hipertensivos. Ministério da Saúde, S.d. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/h/hipertensao/medicamentos>. Acesso em: 5 jun. 2025.

RIBEIRO, M.B. *et al.* Aplicabilidade da atenção farmacêutica ao paciente com hipertensão arterial sistêmica: revisão integrativa. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, v. 3, e2593, 2023.

SILVA, F.A. *et al.* Tratamentos anti-hipertensivos usados na Estratégia de Saúde da Família. *Research, Society and Development*, v. 11, e145111335182, 2022. doi: 10.33448/rsd-v11i13.35182.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA - SBC. Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial 2020. São Paulo: SBC, 2020.

CARDIOLOGIA

TEORIA E PRÁTICA

EDIÇÃO XXII

Capítulo 5

SISTEMATIZAÇÃO DA ASSISTÊNCIA DE ENFERMAGEM NO SUPORTE BÁSICO E AVANÇADO DE VIDA

BRENO DA SILVA OLIVEIRA¹
ELIENE CESCO PORTO NOVAIS¹
RAFAEL SARAIVA ALVES¹
BIANCA SOARES¹
MAYARA CAROLINE PERIN²
IARA BARBOSA RAMOS³
MURIEL FERNANDA DE LIMA³
JOÃO PAULO ASSUNÇÃO BORGES³
INGRID MOURA DE ABREU⁴
SHARLLA LAYANA LEITE MENDES⁵
LAURA KELLY DE OLIVEIRA BARBOSA⁵
ALLAN ARAÚJO RODRIGUES⁶
LAELSON ROCHELLE MILANÊS SOUSA⁷
KARYANNA ALVES DE ALENCAR ROCHA⁸
DANIEL DE MACEDO ROCHA³

1. Discente - Enfermagem pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).
2. Discente - Medicina do Centro Universitário Integrado, Campo Mourão - Paraná.
3. Docente - Departamento de Enfermagem da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).
4. Docente - Departamento de Enfermagem da Universidade Federal do Piauí (UFPI).
5. Médica - Departamento de Medicina da Universidade Federal do Piauí (UFPI).
6. Discente - Enfermagem da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).
7. Docente - Departamento de Enfermagem da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA).
8. Doutoranda - Enfermagem de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (EERP/USP).

Palavras-chave

Reanimação Cardiopulmonar; Suporte Básico de Vida; Suporte Avançado de Vida.

DOI

10.59290/0144005127

EDITORIA
P PASTEUR

INTRODUÇÃO

As transformações demográficas e epidemiológicas evidenciadas no Brasil, associadas aos comportamentos em saúde da população, resultaram no aumento expressivo de pessoas em parada cardiorrespiratória (PCR), principalmente em ambientes extra-hospitalares. Este evento clínico grave representa uma das principais causas de morte a nível mundial, exigindo uma resposta rápida e eficaz das equipes de saúde.

A American Heart Association (AHA) estima que 90% das vítimas de PCR fora do hospital evoluem para óbito devido ao reconhecimento tardio e à demora na prestação de suporte adequado. Para melhorar a taxa de sobrevivência, torna-se essencial aplicar os protocolos de reanimação, que incluem o suporte básico de vida (SBV) e o suporte avançado de vida (SAV). Assim, este estudo objetiva refletir sobre a sistematização do cuidado multiprofissional na identificação, no manejo e no gerenciamento da parada cardiorrespiratória. O SBV envolve o reconhecimento precoce do evento, ativação do sistema de emergência, realização da reanimação cardiopulmonar (RCP) e desfibrilação rápida. Já o SAV incorpora medidas adicionais como a administração de medicamentos, intubação e monitorização contínua. A equipe multiprofissional desempenha papel fundamental nesse processo.

A sistematização da assistência de enfermagem (SAE), atividade privativa do enfermeiro, organiza o cuidado e permite a integração com outros profissionais da saúde na verificação da responsividade, respiração e pulso, seguida da manutenção da circulação, da permeabilidade das vias aéreas, da boa ventilação e da desfibrilação. Durante a RCP, as compressões torácicas devem ter frequência de 100 a 120 por minuto e profundidade de 5 a 6 cm, com retorno total do tórax. A via aérea deve ser desobstruída e

mantida aberta, e a ventilação adequada deve ser garantida com bolsa-válvula-máscara ou intubação. A desfibrilação rápida em ritmos cho-cáveis aumenta significativamente a taxa de sobrevivência. Assim, considera-se que a atuação multiprofissional é essencial tanto na resposta imediata como na prevenção de eventos críticos, integrando ações de promoção da saúde, rastreio de riscos e vigilância contínua, especialmente em redes como a Rede de Atenção às Urgências e Emergências.

MÉTODO

Trata-se de um estudo teórico-reflexivo cujo objetivo foi discutir a sistematização do cuidado multiprofissional na identificação, manejo e gerenciamento da parada cardiorrespiratória. A construção do artigo baseou-se em análise e síntese de literatura científica pertinente, consultando documentos oficiais e diretrizes de organizações de saúde renomadas na área. A discussão abrange a aplicação do SBV e do SAV, e o papel da SAE nesse contexto, integrando a perspectiva multiprofissional.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A transição demográfica e epidemiológica que marca a construção histórica e social da população brasileira provocou profundas mudanças nas condições de saúde, assim como no padrão de morbimortalidade, evidenciando a alta prevalência das doenças crônicas degenerativas e a predisposição para a ocorrência de eventos que geram sofrimento intenso, riscos potenciais ou iminentes à vida (MARTINS, 2021).

No panorama mundial, a parada cardiorrespiratória (PCR) ganha destaque por constituir uma das principais causas globais de morte e incapacidades e apresentar prevalência expres-

siva no Brasil, dentro e fora dos serviços assistenciais (OMS, 2020); trata-se da cessação ou redução da atividade mecânica do coração, confirmada pela ausência de circulação e pulso central, além de apneia ou do comprometimento parcial da respiração. Esse evento compreende um grave problema de saúde, principalmente quando ocorrido em ambiente extra-hospitalar, onde os determinantes mais importantes para sobrevivência são limitados (SILVA *et al.*, 2020).

As projeções epidemiológicas do Ministério da Saúde permitem dimensionar a magnitude do problema ao evidenciar a incidência anual no Brasil de 200 mil de PCR. Além disso, a American Heart Association estima que 90% das vítimas de PCR em ambiente extra-hospitalar evoluem para óbito em decorrência de atrasos no reconhecimento ou na disponibilização de suporte adequado para gerenciamento (AHA, 2020).

A abordagem prioritária para aumentar as chances de sobrevivência é a reanimação cardiopulmonar imediata, estratégia que integra o Suporte Básico e Avançado de Vida e que visa garantir a ventilação pulmonar e a circulação sanguínea no organismo para reverter o processo inicial que desencadeou o evento (BERNOCHE, 2019; BRASIL, 2024).

O SBV é considerado base para o atendimento em casos de PCR e nele é definida a sequência primária de reanimação, a partir do reconhecimento imediato do agravo, ativação do sistema de resposta de emergência, realização de RCP precoce e desfibrilação rápida. No SAV, as ações integram a terapia medicamentosa, o gerenciamento avançado das vias aéreas e o monitoramento da atividade fisiológica do paciente. Essa recomendação integra a cadeia de sobrevivência, conceito que descreve uma sequência de ações e intervenções necessárias

para aumentar as chances de sobrevivência (PAULA, *et al.*, 2021).

Esta dimensão de cuidado integra o cotidiano da enfermagem em diferentes contextos e níveis de atenção e requer conhecimentos científicos, habilidades técnicas e competências assistenciais para prever, reconhecer e intervir de forma precoce. Outras ações prioritárias no cuidado de enfermagem integram as medidas de promoção e proteção da saúde como o rastreamento dos preditores, controle do risco cardiovascular e prevenção dos fatores que podem desencadear o evento (RAMOS, 2023; SANTOS, 2021).

Em um caso de PCR, a equipe de enfermagem geralmente é a primeira a prestar socorro, pois está na linha de frente do atendimento e, considerando a dimensão do problema, o SUS estruturou um eixo temático de atuação. Trata-se da rede de atenção às urgências e emergências (RUE) que são integradas por meio de sistemas de apoio técnico, logístico e de gestão, a efetivação dos princípios doutrinários e constitucionais do sistema, a qualificação da atenção às urgências e emergências no país e a melhoria de desempenho em termos de acesso, equidade, eficácia clínica (SANTOS, 2021; BRASIL, 2022).

Ainda, o cuidado em PCR, assim como nas diferentes fases que a precedem ou sucedem, pode ser gerenciado nos diferentes seus componentes (promoção, prevenção e vigilância, atenção básica, SAMU e suas centrais de regulação, salas de estabilização, unidades de pronto atendimento, unidade hospitalar e cuidado domiciliar (BRASIL, 2022).

Para promover cuidados de alta qualidade, direcionar o processo de reanimação e aumentar as chances de sobrevivência, o enfermeiro dispõe da SAE. Compreendido como uma atividade privativa do enfermeiro, a SAE representa uma ferramenta gerencial para organização do cuidado considerando os métodos assistenciais,

peçoais e instrumentais. Ainda, possibilita a operacionalização do processo de enfermagem (PE), promovendo autonomia profissional, raciocínio clínico e decisões centradas nas necessidades do paciente, a partir de cinco etapas: coleta de dados, diagnóstico de enfermagem, planejamento de enfermagem, implementação e avaliação de enfermagem (COFEN, 2024; LIMA *et al.*, 2020).

A coleta de dados, através do exame físico e da anamnese clínica, representa uma etapa importante da sistematização, visando, além de identificar precocemente e obter informações importantes sobre o evento, reconhecer os sinais que precedem a PCR como dor torácica, sudorese, palpitações precordiais, vertigens, perda de consciência, alterações neurológicas e sinais de baixo débito cardíaco. Essa abordagem constitui a avaliação primária e secundária do paciente. Na sistematização, esta etapa visa obter informações importantes sobre a pessoa, a família ou a coletividade humana, assim como sobre suas respostas ou estratégias de enfrentamento (COFEN, 2024).

A avaliação primária ocorre mediante checagem da responsividade, da expansão torácica e do pulso central. O reconhecimento precoce do evento e a avaliação inicial do paciente são fundamentais e não devem levar mais de 10 segundos. A ausência de pulso indica a necessidade de reanimação imediata. Destaca-se que o atraso nas manobras de reanimação por 5 minutos, para um adulto em normotermia, acarreta alterações cerebrais irreversíveis, mesmo que a função cardíaca seja reestabelecida. Ainda, estima-se que a manobra de RCP, a sobrevivência da vítima diminui de 7-10% por minuto (BERNOCHE, 2019; AHA, 2020).

Na mesma dimensão, o enfermeiro deve avaliar a necessidade de correção na permeabilidade de via aérea, identificar hemorragias externas de natureza não traumática, alterações na

coloração e na temperatura da pele e mensurar o estado neurológico pela avaliação pupilar e pela Escala de Coma de Glasgow que mensura e resposta verbal, motora e a abertura ocular (BRASIL, 2024).

A avaliação secundária, realizada após as intervenções exigidas na 2ª fase inicial do atendimento, compreende a entrevista para verificação dos sinais vitais, respiração (frequência, ritmo e amplitude); pulso (frequência, ritmo e amplitude); pressão arterial, assim como a história de alergias, os medicamentos em uso e/ou tratamentos em curso; o passado médico – problemas de saúde ou doença prévia; o horário da última ingestão de líquidos ou alimentos; e o ambiente do evento.

Esta etapa também integra o exame físico céfalo-caudal. Na cabeça, deve-se inspecionar e palpar o couro cabeludo, orelhas, ossos da face, olhos, pupilas (verificar diâmetro, reação à luz e simetria pupilar) nariz, boca, além de observar alterações na coloração e temperatura da pele. No pescoço, avaliar, em especial, se há distensão das veias jugulares. No tórax, verificar o uso de musculatura acessória, tiragem intercostal e movimentos assimétricos. No abdome, observar distensão. Nos membros superiores e inferiores, palpação de pulsos distais e perfusão dos membros (BRASIL, 2024).

São diagnósticos de enfermagem nesta população: padrão respiratório ineficaz, troca de gases prejudicada, ventilação espontânea prejudicada, perfusão tissular periférica ineficaz. Trata-se de declarações clínicas que descrevem problemas de saúde específicos, prevalentes e relevantes para o paciente, devendo ser reconhecidos no planejamento dos cuidados de enfermagem. O planejamento e a implementação do cuidado de enfermagem objetiva melhorar o prognóstico e a sobrevivência a partir de reconhecimento e execução imediatos das manobras de reanimação (NANDA, 2024; COFEN, 2024).

As diretrizes clínicas definem a sequência a ser abordada no SBV e estabelecem o acrônimo CABD para indicar a sequência de prioridades e intervenção: circulação, vias aéreas, ventilação e desfibrilação precoce (AHA, 2020).

A primeira prioridade nesta dimensão de cuidado é a garantia da circulação corpórea por meio de compressões torácicas de alta qualidade, em frequência e profundidade adequadas visando garantir a manutenção do fluxo sanguíneo para órgãos vitais. A frequência de compressões é de 100 a 120 por minuto, minimizando-se o número e a duração das interrupções nas compressões torácicas. Outros componentes de uma RCP de alta qualidade compreendem a profundidade de 5 a 6 cm e o retorno total do tórax após cada compressão (AHA, 2020).

Outro componente de intervenção refere-se a via aérea que deve ser mantida desobstruída para permitir a ventilação pulmonar. Isso pode envolver a remoção de corpo estranho e a inclinação da cabeça e elevação do queixo para abrir a via aérea e permitir a aspiração de secreções, se necessário. Destaca-se que a inclinação da cabeça-elevação do queixo é contraindicada na suspeita de trauma, devendo ser priorizada a anteriorização da mandíbula.

Após a garantia de circulação adequada, a ventilação pulmonar deve ser abordada. Para efetivação dessa estratégia, a enfermagem pode utilizar máscara facial ou dispositivos de ventilação mecânica, dependendo das circunstâncias. Os protocolos clínicos sugerem a realização de duas ventilações a cada 30 compressões cardíacas. Essa estimativa é alterada quando o paciente dispõe de uma via aérea avançada como a intubação, a qual exige ventilação assíncrona a cada 6 ou 8 segundos com compressões torácicas e elevação visível do tórax.

A desfibrilação rápida é o elo da cadeia da sobrevivência, com maiores probabilidades de melhorar as taxas de sobrevivência. O intervalo

de tempo entre a perda da consciência e a desfibrilação é a variável mais importante para a reversão bem-sucedida a um ritmo normal, devendo ser iniciada assim que o desfibrilador automático externo (DEA) estiver disponível. Este dispositivo permite analisar a atividade elétrica cardíaca durante a PCR e indica a necessidade do choque nos casos de taquicardia ou fibrilação ventricular.

Cuidados específicos devem ser adotados durante o choque. Todos devem se afastar do contato com o paciente e a RCP deve ser reiniciada imediatamente após o choque, com ciclos de 30 compressões para duas ventilações. Após 2 minutos de reanimação, o ritmo cardíaco deve ser checado novamente. Destaca-se que na ausência de desfibrilador as etapas C, A e B devem ser intensificadas. No suporte avançado, além dessas medidas, integram a dimensão de cuidados de enfermagem a terapia medicamentosa, o gerenciamento avançado das vias aéreas e o monitoramento da atividade fisiológica.

O acesso venoso é necessário para administração de medicações e reposição de volumes quando a etiologia está relacionada a esse evento. As medicações de uso expressivo são epinefrina ou adrenalina, vasopressina, amiodarona, lidocaína, magnésio, bicarbonato de sódio. Após a infusão medicamentosa, as técnicas de *flush* com 20 ml de solução fisiológica 0,9% e elevação do membro são recomendadas.

O estabelecimento de uma via aérea avançada, como a intubação, tem indicação absoluta somente nos casos em que a ventilação é ineficiente com a bolsa-válvula-máscara. Mesmo assim, não se deve interromper a realização das compressões torácicas e, após a instalação, as recomendações de ventilação para este dispositivo devem ser seguidas (6 a 8 por minuto), com um terço do volume do Ambu, ligado a fonte de oxigênio a 15 l/min.

Na monitorização, é fundamental que o enfermeiro reconheça os parâmetros fisiológicos capazes de indicar o prognóstico, assim como de indicar os resultados da PCR, torná-la mais eficiente, bem como guiar a terapia venosa estabelecida. Ainda permite avaliar a condição do paciente, fazer diagnósticos precisos e tomar decisões terapêuticas apropriadas. Os parâmetros podem envolver oximetria de pulso, ritmo cardíaco e pressão arterial diastólica.

Cuidados pós-RCP também integram um importante elemento do cuidado de enfermagem. Esses cuidados incluem controle hemodinâmico, monitorização da oxigenação e ventilação, avaliação contínua do estado neurológico e controle da temperatura do paciente.

CONCLUSÃO

Como última etapa integrante do PE, a avaliação da assistência também constitui uma

etapa importante do processo de enfermagem no cuidado à pessoa idosa, podendo ser mensurada pela resposta clínica e eficácia das intervenções implementadas. Destaca-se a necessidade da documentação da assistência por favorecer a comunicação segura entre os profissionais de saúde, a avaliação da qualidade da assistência, a estruturação de indicadores assistenciais e o desenvolvimento de atividades voltadas para ensino, pesquisa e extensão. A PCR apresenta carga expressiva, e o suporte básico e avançado são fundamentais para garantir sobrevivência ao adulto, baseando-se no reconhecimento precoce e nas outras ações. A enfermagem é fundamental e guiada por protocolos e diretrizes, sendo importante na efetivação da prevenção, rastreio e monitorização de eventos que representem risco iminente à vida ou apresentem potencial para sofrimento intenso, exigindo o SBAV para seu gerenciamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN HEART ASSOCIATION - AHA. Destaques das diretrizes de RCP e ACE de 2020 da American Heart Association. Dallas: AHA, 2020.

BERNOCHE, C. *et al.* Atualização da diretriz de ressuscitação cardiopulmonar e cuidados cardiovasculares de emergência da Sociedade Brasileira de Cardiologia-2019. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 113, p. 449, 2019. doi: 10.5935/abc.20190203.

BRASIL. Conselho Federal de Enfermagem. Resolução Cofen nº 736/24: implementação do processo de enfermagem e sistematização da assistência de enfermagem. *Diário Oficial da União*, Brasília, 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Manual Instrutivo da Rede de Atenção às Urgências e Emergências no Sistema Único de Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Protocolo de suporte avançado de vida. Brasília: Ministério da Saúde, 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Protocolo de suporte básico de vida. Brasília: Ministério da Saúde, 2024.

HERDMAN, T.H. *et al.* Diagnósticos de enfermagem da NANDA-I: definições e classificação 2024–2026. 13. ed. Porto Alegre: Artmed, 2024.

LIMA, L. *et al.* Processo de enfermagem em unidades de atendimento de urgência e emergência. *Revista Uningá Review*, v. 25, p. 43, 2020. doi: 10.46311/2318-0579.53.eUJ1407.

MARTINS, T.C.F. *et al.* Transição da morbimortalidade no Brasil: um desafio aos 30 anos de SUS. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 26, p. 4483, 2021. doi: 10.1590/1413-812320212610.10852021.

MATOS, J.H.F. *et al.* Competências de enfermagem na simulação da parada cardiorrespiratória: scoping review. *Revista Recien*, v. 11, p. 149, 2021. doi: 10.24276/recien2021.11.33.149-156.

PAULA, C.F.B. *et al.* Parada cardiorrespiratória no atendimento pré-hospitalar. *Revista Família, Ciclos de Vida e Saúde no Contexto Social*, v. 9, p. 608, 2021. doi: 10.18554/refacs.v9i3.4575.

RAMOS, E.L. Práticas de enfermagem na prevenção de parada cardiorrespiratória [trabalho de conclusão de curso]. Rio de Janeiro: Centro Universitário São José, 2023.

SILVA, P.G.M.B. *et al.* Atualização do atendimento do paciente em parada cardiorrespiratória. *Revista da Sociedade Brasileira de Clínica Médica*, v. 20, 2023.

CARDIOLOGIA

TEORIA E PRÁTICA

EDIÇÃO XXII

Capítulo 6



FARMACOLOGIA DO TRATAMENTO DA INSUFICIÊNCIA CARDÍACA COM FRAÇÃO DE EJEÇÃO REDUZIDA

JULIA MARIA MORENA AFONSO CAMPOS E LAMAS¹
EDUARDO RODRIGUES FERREIRA GOMES DE CAMARGOS²
CAROLINA LINS SALGADO²
FELIPE FERNANDES ALONSO ALVES PEREIRA²

1. Médica – Universidade José do Rosário Vellano.

2. Discente – Acadêmico de Medicina da Faculdade de Ciências Médicas de Minas Gerais.

Palavras-chave

Insuficiência Cardíaca; Fração de Ejeção Reduzida; Terapia Farmacológica.

DOI

10.59290/0900125222

EDITORIA
P PASTEUR

INTRODUÇÃO

A insuficiência cardíaca (IC) é uma condição clínica de alta complexidade, caracterizada pelo comprometimento ventricular de bombear o sangue de forma eficaz, resultando em débito cardíaco insuficiente para suprir as demandas metabólicas do organismo, frequentemente exigindo aumento das pressões de enchimento. Essa patologia representa um problema de saúde pública global, afetando mais de 23 milhões de pessoas em todo o mundo, sobretudo em idosos e pacientes com múltiplas comorbidades. No Brasil, estima-se a prevalência em 2% da população. Considerando que se trata de uma das principais causas de hospitalização em adultos e devido às altas taxas de reinternação e mortalidade, torna-se evidente a necessidade de estratégias terapêuticas eficazes, a fim de reduzir o impacto da doença (MOZAFFARIAN *et al.*, 2016).

Embora a IC possa ser classificada de diversas formas, neste capítulo focaremos no fenótipo IC com fração de ejeção reduzida (ICFER), definida pela fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) $\leq 40\%$. A ICFER desencadeia uma cascata de ativação neuro-humoral que, apesar de inicialmente compensatória, perpetua um ciclo de lesão miocárdica e remodelamento adverso (MOZAFFARIAN *et al.*, 2016).

Tradicionalmente, o manejo da ICFER baseava-se apenas no alívio sintomático, com o uso de medicamentos como diuréticos e digitálicos, voltados à congestão e à contratilidade cardíaca, respectivamente. No entanto, essas medidas não alteravam o curso progressivo da doença (MCDONAGH *et al.*, 2021).

Com o avanço do conhecimento fisiopatológico, especialmente sobre os efeitos deletérios da ativação crônica dos sistemas neuro-hormonais (sistema renina-angiotensina-aldoste-

rona, sistema nervoso simpático e eixo peptídico natriurético), estabeleceu-se uma nova abordagem terapêutica. O foco passou a ser no bloqueio dessas vias de progressão, resultando não só no alívio de sintomas, mas também na redução de hospitalizações e aumento da sobrevida (MCDONAGH *et al.*, 2021).

Essa evolução no manejo permitiu que a ICFER deixasse de ser uma condição crônica de evolução inevitável para se tornar, em muitos casos, uma síndrome passível de controle de forma eficaz ao longo prazo (MCDONAGH *et al.*, 2021).

O diagnóstico da ICFER é definido a partir de um conjunto de fatores, incluindo clínica e exames laboratoriais e de imagem. Os principais sintomas são dispneia aos esforços, ortopneia e fadiga, frequentemente acompanhados de sinais como edema de membros inferiores, estertores pulmonares e ingurgitamento jugular (MARCONDES-BRAGA *et al.*, 2021).

A dosagem dos peptídeos natriuréticos, como o BNP (peptídeo natriurético tipo B) e o NT-proBNP é um indicador crucial na confirmação diagnóstica, em vista de seu alto valor preditivo negativo. Valores elevados indicam sobrecarga de volume e pressão nas câmaras cardíacas, sendo indicativos de disfunção ventricular (MARCONDES-BRAGA *et al.*, 2021).

A confirmação definitiva da ICFER é feita por meio de exame de imagem, principalmente o ecocardiograma transtorácico, que permite avaliar a fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE). Define-se ICFER como a presença de sintomas e sinais de insuficiência cardíaca, associada a uma FEVE $\leq 40\%$ (MARCONDES-BRAGA *et al.*, 2021).

Após a confirmação diagnóstica, é fundamental determinar a causa base da IC, já que a etiologia pode influenciar diretamente o prognóstico e a escolha terapêutica. Entre as causas

mais comuns destaca-se: doença arterial coronariana (etiologia isquêmica), hipertensão arterial sistêmica, alcoolismo, miocardites, cardiopatias congênitas e doenças genéticas ou infiltrativas (MARCONDES-BRAGA *et al.*, 2021).

A investigação deve incluir uma anamnese detalhada, avaliação de fatores de risco cardiovasculares, exames laboratoriais e, quando indicado, exames complementares como teste ergométrico, cintilografia miocárdica, angiotomografia coronariana ou cateterismo cardíaco (MARCONDES-BRAGA *et al.*, 2021).

Reconhecer a etiologia da ICFER permite não apenas um tratamento mais direcionado (por exemplo, revascularização em cardiopatia isquêmica ou abstinência alcoólica em miocardiopatia alcoólica), mas também auxilia na estratificação de risco e na definição de medidas prognósticas e preventivas (MARCONDES-BRAGA *et al.*, 2021).

A proposta deste capítulo é apresentar uma abordagem prática, sequencial e fundamentada em evidências para o tratamento farmacológico da ICFER, conforme as diretrizes clínicas atuais.

Serão abordadas as principais classes de medicamentos utilizados no manejo da síndrome, abrangendo seus mecanismos fisiopatológicos, indicações clínicas, efeitos adversos e estratégias para a introdução adequada na terapêutica. O enfoque principal está na otimização do tratamento, valorizando a individualização do manejo e a adesão ao protocolo das “quatro drogas pilares”, que comprovadamente reduzem a mortalidade e morbidade na ICFER.

MÉTODO

Este capítulo foi elaborado a partir de uma revisão narrativa da literatura, realizada no período de maio a julho de 2025, através de pesquisas nas bases de dados PubMed, SciELO e

LILACS. Foram incluídos artigos publicados entre janeiro de 2020 e junho de 2025, em português ou inglês, que abordassem o tratamento farmacológico da insuficiência cardíaca com fração de ejeção reduzida (ICFER). Foram utilizados os descritores combinados “*Heart Failure with Reduced Ejection Fraction*” and “*Pharmacological Treatment*” and “*Emerging Therapies*”.

Foram priorizados artigos originais, revisões narrativas e revisões sistemáticas que descrevessem tanto os medicamentos consagrados quanto as drogas em investigação ou recentemente incorporadas às diretrizes. O conteúdo foi sintetizado de forma descritiva, buscando apresentar uma visão prática e atualizada sobre o manejo farmacológico da ICFER.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os quatro pilares do tratamento farmacológico modificador da doença

Um dos grandes desafios enfrentados no tratamento da IC se trata de quais medicações são de fato eficazes. Ao longo de vários anos, diversas classes medicamentosas foram testadas no tratamento dessa condição, entretanto, com a evolução na qualidade das pesquisas científicas, foi possível identificar e separar as terapias que apenas atuavam reduzindo sintomas e interações, não alterando ou até mesmo aumentando a mortalidade dos pacientes em tratamento das terapias que, de fato alteraram o curso da doença, reduzindo o remodelamento cardíaco e a aumentando a sobrevida. Atualmente, quatro classes medicamentosas se destacam no tratamento da ICFER (MCDONAGH *et al.*, 2021).

Em primeiro lugar, temos os inibidores do sistema renina-angiotensina-aldosterona e da neprilisina. O SRAA consiste em um meca-

nismo de *feedback* negativo do organismo utilizado para elevar os níveis pressóricos através da retenção de sódio e água. Quando ocorre uma redução da perfusão renal, seja por hipotensão ou hipovolemia, o rim passa a secretar renina. A renina atua sobre o angiotensinogênio, uma proteína presente na circulação sistêmica, convertendo-o em angiotensina I, substância que é naturalmente inativa. A partir daí, uma enzima denominada enzima conversora de angiotensina (ECA), converte a angiotensina I em angiotensina II. Essa última substância é responsável por uma vasoconstrição sistêmica, levando a um aumento da resistência vascular periférica. Ela também estimula a secreção de aldosterona, que atua nos túbulos contorcidos distais e ductos coletores para estimular a reabsorção de sódio e água. Todas essas medidas associadas causam elevação da pressão arterial (MCDONAGH *et al.*, 2021).

Em contrapartida a esse sistema, temos os peptídeos natriuréticos, representados principalmente pelo peptídeo natriurético tipo B (BNP). Esses peptídeos são produzidos e liberados pelo coração em resposta à distensão dos cardiomiócitos devido ao excesso de pressão ou de volume no sistema cardiovascular. Eles se ligam em alguns receptores renais inibindo a reabsorção de sódio, levando a um aumento da natriurese e diurese. Eles inibem a secreção de renina, aldosterona e ADH e podem se ligar a alguns receptores endoteliais promovendo a vasodilatação. Todos esses mecanismos associados reduzem a pressão arterial sistêmica, a resistência vascular periférica e, consequentemente, o remodelamento cardíaco. Para evitar uma hiperatividade desse sistema o organismo produz a neprilisina, uma enzima que degrada o BNP, inativando-o (MCDONAGH *et al.*, 2021).

Em um indivíduo portador de IC, esses mecanismos funcionam de forma patológica. O

mau funcionamento da bomba cardíaca leva a uma hipoperfusão renal. Essa hipoperfusão é interpretada como uma hipotensão ou hipovolemia, causando ativação do SRAA. A ativação desse sistema leva à retenção de volume, o que aumenta a pressão nas câmaras cardíacas e, consequentemente, aumenta o remodelamento cardíaco. Conforme o remodelamento progride, a função do coração vai ficando cada vez mais comprometida, o que piora a perfusão renal, gerando um ciclo vicioso de evolução da IC (MCDONAGH *et al.*, 2021).

Sendo assim, os medicamentos que atuam nesse sistema são essenciais para o tratamento da condição. Entre eles, podemos citar os inibidores da enzima conversora de angiotensina (IECAs) e os bloqueadores dos receptores de angiotensina II (BRAs). Os iECAs se ligam competitivamente à ECA, bloqueando seu efeito. Ao bloquear a ECA, eles impedem a conversão de angiotensina I em angiotensina II. Já os BRAs atuam como antagonistas seletivos e competitivos dos receptores AT1, onde a angiotensina II se liga. São resultado da utilização dessas substâncias: vasodilatação sistêmica, redução da liberação de aldosterona, redução da reabsorção de sódio e água e proteção cardíaca e renal contra o remodelamento. Os dois medicamentos apresentam benefícios no tratamento da ICFER, com os iECAs se mostrando ligeiramente superiores. Entretanto, o bloqueio da ECA acaba afetando o metabolismo da bradicinina, que se acumula no organismo e pode gerar tosse seca e angioedema, o que compromete a utilização deste medicamento nesses casos (MCDONAGH *et al.*, 2021).

Além disso, medicamentos que atuam nos peptídeos natriuréticos, quando utilizados em associação com BRAs, se mostraram eficazes no aumento da sobrevida de pacientes com insuficiência cardíaca, melhora da qualidade de vida e redução de sintomas. A principal classe

responsável por essa função consiste nos inibidores da neprilisina. Esses medicamentos se ligam a neprilisina, impedindo que ela inative os peptídeos natriuréticos. Como consequência, esses peptídeos, como o BNP, conseguem promover a vasodilatação, além do aumento da excreção de sódio e água, atuando de forma concomitante no tratamento da insuficiência cardíaca. Apesar disso, a neprilisina também é responsável por degradar a angiotensina II e caso ela seja utilizada de forma isolada, não funcionará de forma eficaz, pois o aumento de angiotensina II livre anularia seu efeito. Dessa forma, para que seu uso seja produtivo, ela deve sempre ser associada a um bloqueador do receptor de angiotensina, pois assim a angiotensina II em excesso não será maléfica ao organismo (MCDONAGH *et al.*, 2021).

A segunda classe de medicamentos essenciais no tratamento da ICFER consiste dos betabloqueadores. O uso de betabloqueadores no tratamento da ICFER representa uma das maiores revoluções na cardiologia moderna. Por décadas, esses medicamentos foram considerados contraindicados na condição, pois seu efeito de reduzir a força de contração do coração parecia ilógico para tratar uma doença caracterizada por uma "bomba cardíaca fraca". Contudo, a profunda compreensão da fisiopatologia da IC revelou um paradoxo: a mesma resposta compensatória que tenta salvar o corpo a curto prazo é a que destrói o coração a longo prazo. Quando o coração falha, o organismo ativa a chamada estimulação simpática crônica, liberando grandes quantidades de catecolaminas, como a noradrenalina. Essa resposta, inicialmente benéfica para manter a pressão, torna-se profundamente danosa com o tempo, pois é diretamente tóxica para as células cardíacas, aumenta o consumo de oxigênio do miocárdio, eleva o risco de arritmias fatais e promove o remodelamento

patológico do coração (MCDONAGH *et al.*, 2021).

É exatamente nesse mecanismo mal-adaptativo que os betabloqueadores atuam, quebrando o ciclo vicioso ao protegerem o coração dos efeitos deletérios da estimulação simpática crônica. Seus benefícios vão muito além da simples redução da frequência cardíaca; eles protegem contra a cardiotoxicidade, diminuem a carga de trabalho do coração e possuem um potente efeito antiarrítmico. O efeito mais notável com o uso crônico é o chamado remodelamento reverso, no qual o coração pode diminuir de tamanho e ter sua função de bombeamento melhorada significativamente. É crucial entender, contudo, que nem todo betabloqueador confere tal benefício. A medicina baseada em evidências demonstrou que os benefícios de redução de mortalidade foram comprovados em grandes estudos clínicos para apenas três medicamentos específicos. O uso de outros fármacos da mesma classe não tem respaldo científico para esta finalidade. Os três betabloqueadores que comprovadamente salvam vidas na ICFER são o carvedilol, que é um betabloqueador não seletivo com efeito vasodilatador adicional, o succinato de metoprolol, uma formulação cardiosseletiva de liberação prolongada, e o bisoprolol, outro betabloqueador altamente cardiosseletivo. O início do tratamento deve ser sempre cuidadoso, seguindo o mantra de "começar com dose baixa e titular lentamente", visando atingir, de forma gradual, as doses-alvo que demonstraram o máximo benefício na redução da mortalidade (MCDONAGH *et al.*, 2021).

A terceira classe medicamentosa consiste dos antagonistas dos receptores de mineralocorticoides (ARMs). Integrando o quarteto de terapias que modificam o curso da doença, os ARMs representam outro pilar indispensável no tratamento da ICFER. Inicialmente vistos ape-

nas como diuréticos fracos, poupadores de potássio, sua verdadeira importância foi revelada quando estudos marcantes demonstraram uma redução de mortalidade que ia muito além do simples controle de volume. Essa descoberta solidificou a compreensão de que o alvo principal dessa terapia, o hormônio aldosterona, exerce efeitos muito mais danosos do que se imaginava. A aldosterona, produto final do SRAA, não se limita a promover a retenção de sódio e água nos rins. Ela se liga a receptores mineralocorticoides presentes em outros locais, como o coração e os vasos sanguíneos, onde desencadeia uma cascata de eventos prejudiciais (MCDONAGH *et al.*, 2021).

A fisiopatologia central combatida pelos ARMs é a da fibrose miocárdica. A aldosterona estimula diretamente a deposição de colágeno no músculo cardíaco e na parede dos vasos, tornando-os mais rígidos e menos funcionais. Esse processo de cicatrização patológica contribui significativamente para a progressão do remodelamento cardíaco, piorando tanto a função sistólica quanto a diastólica. Além da fibrose, a aldosterona promove inflamação, disfunção endotelial e estresse oxidativo. Um ponto crucial é o fenômeno da "fuga de aldosterona", no qual, mesmo com o uso otimizado de inibidores da ECA ou BRAs, os níveis deste hormônio podem voltar a se elevar com o tempo, tornando seu bloqueio direto uma necessidade terapêutica para frear a contínua agressão ao sistema cardiovascular (MCDONAGH *et al.*, 2021).

Os ARMs, como a espironolactona e a eplerenona, atuam como antagonistas competitivos, bloqueando o receptor de mineralocorticoide e impedindo que a aldosterona exerça seus efeitos deletérios. O benefício, portanto, é duplo: por um lado, há um efeito renal que auxilia no controle da congestão e previne a perda de potássio; por outro, e mais importante, há um efeito car-

diovascular direto que combate a fibrose e a inflamação, protegendo a estrutura e a função do coração a longo prazo. Os dois principais fármacos disponíveis, embora com o mesmo mecanismo de ação, possuem diferenças importantes. A espironolactona, mais antiga, é não seletiva e pode interagir com receptores de outros hormônios, causando efeitos adversos como ginecomastia (crescimento mamário em homens) e irregularidades menstruais. A eplerenona é um antagonista seletivo, com risco muito menor desses efeitos colaterais, sendo uma alternativa valiosa para pacientes que não toleram a espironolactona (MCDONAGH *et al.*, 2021).

O uso seguro dos ARMs exige, contudo, uma vigilância rigorosa de dois parâmetros principais: os níveis de potássio e a função renal. O principal risco associado a essa classe é a hipercalemia (elevação perigosa do potássio no sangue), especialmente quando os ARMs são utilizados em conjunto com outros medicamentos que também afetam o potássio ou em pacientes com função renal comprometida. Por essa razão, seu início é contraindicado em pacientes com insuficiência renal avançada ou com níveis de potássio já elevados, e o monitoramento laboratorial regular é mandatório para garantir a segurança e a continuidade de uma terapia que se provou essencial para aumentar a sobrevida e melhorar a qualidade de vida dos pacientes com insuficiência cardíaca (MCDONAGH *et al.*, 2021).

Por fim, completando os pilares da terapia moderna, os inibidores do cotransportador sódio-glicose 2 (iSGLT2) representam a mais recente e talvez mais surpreendente revolução no tratamento da ICFER. Desenvolvidos inicialmente como medicamentos para o controle da glicemia em pacientes com diabetes tipo 2, sua jornada os levou a um patamar inesperado. Grandes estudos clínicos, como o DAPA-HF com a dapagliflozina e o *EMPEROR-Reduced*

com a empagliflozina, revelaram um benefício cardiovascular tão robusto que transformou a percepção sobre essa classe. O achado mais impactante foi que a impressionante redução na mortalidade cardiovascular e nas hospitalizações por insuficiência cardíaca ocorria de forma consistente, independentemente da presença de diabetes, estabelecendo os iSGLT2 como uma terapia fundamental para praticamente todos os pacientes com ICFER (MCDONAGH *et al.*, 2023).

O mecanismo de ação desses fármacos é multifacetado e vai muito além de um simples efeito diurético. Sua ação primária ocorre nos rins, onde bloqueiam a proteína SGLT2 no túbulo proximal, impedindo a reabsorção de glicose e sódio para a corrente sanguínea. Isso resulta em glicosúria (excreção de glicose na urina) e natriurese (excreção de sódio), promovendo uma diurese osmótica suave que ajuda a reduzir a congestão e a pré-carga cardíaca. Contudo, os profundos benefícios observados não podem ser explicados apenas por essa ação. Acredita-se que o verdadeiro poder dos iSGLT2 resida em seus efeitos metabólicos e celulares. Ao forçar a eliminação de glicose, o corpo entra em um estado de "jejum simulado", que estimula a produção de corpos cetônicos. O coração insuficiente, que é um órgão energeticamente faminto, utiliza as cetonas como um "super combustível", muito mais eficiente que a glicose ou os ácidos graxos, melhorando sua função e seu rendimento energético (MCDONAGH *et al.*, 2023).

Adicionalmente, os iSGLT2 parecem ter efeitos diretos no coração e nos rins, contribuindo para a proteção cardiorrenal. Eles ajudam a reduzir a sobrecarga de sódio e cálcio dentro das células cardíacas, diminuindo o estresse celular e o risco de arritmias. Também demonstraram reduzir a inflamação, o estresse oxida-

tivo e a fibrose, combatendo diretamente os mecanismos de progressão da doença. Uma vantagem notável é a sua simplicidade de uso: geralmente, a dose inicial é a dose-alvo, sem a necessidade de titulações complexas, e seu impacto na pressão arterial é modesto, o que facilita sua introdução no esquema terapêutico. Seus efeitos colaterais mais comuns, como as infecções fúngicas genitais, geralmente são manejáveis. Com um perfil de ação único que melhora o metabolismo cardíaco, protege os rins e reduz a congestão, os inibidores do SGLT2 consolidaram seu lugar como o quarto pilar essencial, oferecendo uma nova camada de proteção e esperança para os pacientes que vivem com insuficiência cardíaca (MCDONAGH *et al.*, 2023).

Manejo da congestão: o uso otimizado de diuréticos

Os diuréticos constituem um dos pilares no tratamento da congestão em pacientes com ICFER, desempenhando papel central no alívio de sintomas como dispneia, ortopneia e edema periférico. Embora sua eficácia clínica na melhora sintomática seja bem estabelecida, esses fármacos não demonstraram impacto significativo na redução da mortalidade, quando utilizados isoladamente. Assim, sua principal função reside na estabilização clínica do paciente, permitindo a introdução e otimização das terapias modificadoras da doença (MARCONDES-BRAGA *et al.*, 2021).

Entre os diuréticos disponíveis, os de alça, como a furosemida, são considerados primeira escolha devido à sua elevada potência na indução de natriurese e diurese. A conduta terapêutica deve ser individualizada, com o objetivo de atingir a euvolemia clínica, frequentemente referida como "peso seco", ponto em que os sintomas de congestão estão ausentes sem sinais

de hipoperfusão (BRATER & ELLISON, 2025).

O manejo inicial usualmente envolve doses orais baixas (por exemplo, furosemida 20 a 40 mg, uma a duas vezes ao dia), ajustadas progressivamente conforme a resposta clínica, o balanço hídrico e o peso diário monitorado pelo paciente. Após o controle adequado da volemia, a dose deve ser reduzida à menor quantidade eficaz para manter o paciente livre de sintomas, sendo reavaliada periodicamente com base na ingestão de sódio e na evolução clínica (BRATER & ELLISON, 2025).

Terapias adicionais para pacientes que permanecem sintomáticos

A otimização da terapia quádrupla, composta por um inibidor da neprilisina e do receptor de angiotensina (INRA) ou um IECA/BRA, um betabloqueador, um ARM e um iSGLT2, constitui o alicerce do tratamento moderno da ICFER. Essa abordagem farmacológica robusta melhora significativamente a sobrevida e reduz as hospitalizações. Contudo, mesmo com a implementação otimizada deste regime, uma parcela de pacientes permanece sintomática ou sob risco elevado de eventos adversos, exigindo a consideração de terapias adicionais (MCDONAGH *et al.*, 2021).

Para esses casos, a avaliação de intervenções subsequentes é fundamental. A terapia com dispositivos eletrônicos implantáveis surge como uma opção crucial. O cardiodesfibrilador implantável (CDI) é a principal estratégia para a prevenção primária de morte súbita cardíaca, uma vez que arritmias ventriculares fatais são uma ameaça constante. A indicação clássica para o implante de um CDI é a persistência de uma fração de ejeção igual ou inferior a 35% apesar do tratamento farmacológico otimizado. Em paralelo, a terapia de ressincronização cardíaca (TRC) aborda a dissincronia

ventricular, uma condição comum evidenciada por um complexo QRS largo no eletrocardiograma, que compromete a eficiência da contração cardíaca. A TRC é indicada para pacientes com fração de ejeção reduzida que se mantêm sintomáticos e apresentam evidência de dissincronia, melhorando os sintomas e a sobrevida ao restaurar um bombeamento mais coordenado (MCDONAGH *et al.*, 2021).

Além dos dispositivos, outras intervenções farmacológicas podem ser necessárias para refinar o tratamento. A deficiência de ferro, uma comorbidade frequente e debilitante na ICFER, deve ser ativamente investigada em pacientes sintomáticos, sendo diagnosticada por uma ferritina sérica inferior a 100 ng/mL, ou entre 100 e 299 ng/mL associada a uma saturação de transferrina abaixo de 20%. Nesses casos, a reposição com ferro endovenoso, notadamente com a carboximaltose férrica, demonstrou melhorar a capacidade funcional e a qualidade de vida. Adicionalmente, para pacientes que, apesar da dose máxima tolerada de betabloqueador, mantêm ritmo sinusal com uma frequência cardíaca em repouso igual ou superior a 70 batimentos por minuto, a ivabradina oferece um benefício adicional. Ao reduzir seletivamente a frequência cardíaca, este fármaco diminui o risco de morte cardiovascular e de hospitalização por agravamento da insuficiência cardíaca, abordando um fator de risco residual importante (MCDONAGH *et al.*, 2023).

Novas terapias em investigação

Apesar de atualmente já existirem diversas linhas de tratamento para a ICFER, diversas outras classes de medicamentos que atuam em diferentes fases da insuficiência cardíaca estão em desenvolvimento e avaliação. Entre os mais promissores estão os ativadores da miosina cardíaca, como o omecamtiv mecarbil, que visam melhorar a contratilidade cardíaca diretamente

no sarcômero. Outras áreas de intensa pesquisa envolvem a modulação do metabolismo energético do miocárdio, terapias anti-inflamatórias e abordagens genéticas que poderão, no futuro, oferecer tratamentos ainda mais personalizados e eficazes para os pacientes com ICFER (MARCONDES-BRAGA *et al.*, 2021).

Os ativadores da miosina cardíaca, como o omecamtiv mecarbil, representam uma nova abordagem no tratamento da insuficiência cardíaca com fração de ejeção reduzida. Diferente dos inotrópicos tradicionais que aumentam o cálcio intracelular, este fármaco atua diretamente no sarcômero, a unidade contrátil do coração. Ele aumenta a eficiência da contração ao prolongar o tempo em que a proteína miosina gera força, resultando em uma sístole mais potente. A grande vantagem desse mecanismo é que ele aumenta a contratilidade sem elevar o consumo de oxigênio pelo miocárdio, evitando um dos principais efeitos adversos das terapias mais antigas. O principal estudo clínico, GALACTIC-HF, demonstrou que o omecamtiv mecarbil promoveu uma redução modesta no desfecho combinado de eventos de insuficiência cardíaca ou morte cardiovascular, embora não tenha reduzido a mortalidade isoladamente (TEERLINK *et al.*, 2020).

Os agonistas da relaxina representam uma abordagem terapêutica que busca mimetizar os efeitos de um hormônio peptídico endógeno com múltiplas ações benéficas ao sistema cardiovascular. A serelaxina, uma forma recombinante da relaxina-2 humana, foi o principal composto estudado nessa classe. Seu mecanismo de ação é multifacetado, promovendo uma vasodilatação sistêmica e renal proeminente, principalmente através da estimulação da via do óxido nítrico. Esse efeito hemodinâmico reduz a sobrecarga cardíaca e melhora a perfusão de órgãos vitais. Além disso, a serelaxina

demonstrou possuir um potente efeito anti-inflamatório e, de forma particularmente interessante para a progressão da doença a longo prazo, um efeito antifibrótico, com potencial para atenuar o remodelamento cardíaco adverso. Os estudos iniciais, como o RELAX-AHF, foram bastante promissores, sugerindo melhora nos sintomas de dispneia e em marcadores de dano orgânico em pacientes com insuficiência cardíaca aguda. Contudo, essa expectativa não se confirmou em estudos subsequentes e de maior escala. O estudo confirmatório RELAX-AHF-2 falhou em demonstrar um impacto confirmado em desfechos duros, como a mortalidade cardiovascular ou a redução na piora da insuficiência cardíaca, o que levou à interrupção do seu desenvolvimento clínico para esta indicação (TEERLINK *et al.*, 2013).

Outra via fisiopatológica crucial na insuficiência cardíaca é a deficiência na sinalização do óxido nítrico (NO) e do monofosfato de guanosina cíclico (cGMP), que leva à disfunção endotelial e ao aumento do tônus vascular. Os estimuladores da guanilato ciclase solúvel (GCs), como o vericiguat, foram desenvolvidos para restaurar essa via. O vericiguat atua diretamente na enzima GCs, sensibilizando-a e aumentando sua atividade mesmo em um ambiente com baixa disponibilidade de NO. Como resultado, aumentam os níveis intracelulares de cGMP, um segundo mensageiro que promove o relaxamento da musculatura lisa vascular e melhora a função endotelial. Esse efeito resulta em vasodilatação sistêmica e pulmonar, reduzindo a pré e a pós-carga do ventrículo deficiente. A eficácia clínica do vericiguat foi avaliada no estudo VICTORIA, que incluiu pacientes de alto risco após um evento de descompensação. O estudo demonstrou um benefício clínico moderado, atingindo seu objetivo primário de reduzir o composto de morte cardiovascular e hospitalização por insuficiência cardíaca, embora o

efeito tenha sido impulsionado principalmente pela diminuição das hospitalizações (ARMSTRONG *et al.*, 2020).

O futuro do tratamento da insuficiência cardíaca se expande para além da modulação de vias neuro-hormonais, explorando estratégias que intervêm em níveis ainda mais fundamentais da biologia celular e genética. Uma das fronteiras mais inovadoras são as terapias baseadas em RNA, como o RNA de pequena interferência (siRNA) e os oligonucleotídeos anti-sense. Essas tecnologias permitem silenciar a produção de proteínas específicas na sua origem. Um exemplo notável é o zilebesiran, um siRNA que promove a inibição da expressão do angiotensinogênio no fígado, bloqueando o sistema renina-angiotensina em seu ponto de partida (BAKRIS *et al.*, 2024). Embora ainda em fases iniciais de pesquisa para a hipertensão e potencialmente para a insuficiência cardíaca, essa abordagem representa um salto conceitual. Paralelamente, os moduladores do metabolismo cardíaco buscam otimizar o "motor" do coração. Fármacos como a trimetazidina e o elamipretide atuam para melhorar a eficiência energética do miocárdio, favorecendo vias metabólicas que produzem mais ATP por molécula de oxigênio consumida, um benefício crucial para o miocárdio isquêmico e sobrecarregado (ROSANO & VITALE, 2024).

Em outra vertente, as terapias celulares e gênicas carregam a promessa de reparar ou rejuvenescer o tecido cardíaco danificado. O uso de células-tronco tem sido extensivamente pesquisado por seu potencial regenerativo, embora os resultados clínicos tenham sido complexos e os mecanismos de benefício (provavelmente parácrinos) ainda estejam sob intenso debate. A terapia gênica, por sua vez, busca corrigir defeitos moleculares específicos, como visto na tentativa de restaurar a função da bomba de cálcio SERCA2a, uma abordagem testada no estudo

CUPID. Embora esse estudo não tenha atingido seus desfechos primários, ele abriu portas para a compreensão dos desafios e das possibilidades de modular diretamente a contratilidade a nível genético (GREENBERG, *et al.* 2016).

Além do mais, reconhecendo a insuficiência cardíaca como um estado de lesão crônica, as terapias antifibróticas e anti-inflamatórias ganham destaque. O objetivo é frear a progressão do remodelamento adverso que perpetua a disfunção cardíaca. Fármacos como os antagonistas da galectina-3, uma proteína envolvida na fibrose, e o canakinumab, um anticorpo monoclonal que neutraliza a interleucina-1 β (IL-1 β), são exemplos de estratégias que buscam reduzir a remodelação cardíaca e a inflamação crônica. Embora muitos desses compostos ainda não tenham um lugar definido na terapia padrão, eles representam a busca contínua por novos alvos que possam complementar o tratamento atual e melhorar o prognóstico dos pacientes (RIDKER *et al.*, 2017).

Por fim, a evolução das terapias atuais e a exploração de novos paradigmas biológicos continuam a expandir o horizonte terapêutico. A busca por novos inibidores de neprilisina visa desenvolver formulações mais potentes e seletivas que possam maximizar os benefícios dos peptídeos natriuréticos com menor risco de hipotensão, superando uma das limitações da terapia atual (D'ELIA *et al.*, 2017). Em uma fronteira ainda mais experimental, a modulação da miostatina, uma proteína que inibe o crescimento muscular, surge como uma estratégia ou-sada. A ideia é inibir a miostatina para promover uma hipertrofia muscular benéfica no miocárdio remanescente, buscando não apenas frear, mas potencialmente reverter a disfunção contrátil e melhorar a função ventricular através do fortalecimento direto do músculo cardíaco (BREITBART *et al.*, 2011).

Abordagem não farmacológica

O sucesso no manejo da ICFER transcende a farmacoterapia, exigindo uma abordagem integral que capacita o paciente e modifica seu estilo de vida. A adesão a medidas não farmacológicas é um pilar essencial para otimizar os resultados do tratamento medicamentoso, reduzir o risco de descompensações e, fundamentalmente, melhorar a qualidade de vida. Portanto, o tratamento vai muito além dos remédios e deve ser reforçado a cada consulta por toda a equipe multidisciplinar, consolidando uma parceria de cuidado contínuo (PINA, 2025).

Um dos aspectos centrais dessa abordagem é a gestão cuidadosa da dieta e dos fluidos. O paciente deve ser orientado a limitar a ingestão de sódio para menos de 2 a 3 gramas por dia. Essa medida, crucial para prevenir a retenção de fluidos e o consequente risco de congestão, envolve evitar alimentos processados, embutidos e o uso excessivo de sal de cozinha. Diferentemente da restrição de sódio, a limitação da ingestão de líquidos, geralmente de 1,5 a 2 litros por dia, não é uma recomendação universal. Sua indicação deve ser individualizada, reservada para casos específicos, como em pacientes com hiponatremia significativa ou congestão refratária ao tratamento diurético (BRATER; ELLISON, 2025).

Paralelamente aos cuidados nutricionais, a reabilitação cardíaca e a prática de exercícios físicos são fundamentais. Pacientes em condição clínica estável devem ser fortemente encorajados a participar de programas de reabilitação cardíaca supervisionada. O exercício físico regular, sempre adaptado à capacidade funcional de cada indivíduo, demonstrou não apenas melhorar consistentemente a capacidade funcional e a qualidade de vida, mas também reduzir as taxas de hospitalização por descompensação da doença (PINA, 2025).

A prevenção de infecções também assume um papel estratégico no manejo da ICFER. Infecções respiratórias são um gatilho comum para a descompensação aguda da insuficiência cardíaca. Por essa razão, a imunização anual contra a influenza e a vacinação contra o pneumococo são fortemente recomendadas, constituindo uma medida preventiva de alto impacto e baixo custo (PINA, 2025).

Finalmente, a pedra angular do tratamento não farmacológico é a educação para o autocuidado. Capacitar o paciente a se tornar um agente ativo em seu tratamento é vital para o sucesso a longo prazo. Isso inclui a instrução para a monitorização diária do peso, um método simples e eficaz para detectar precocemente a retenção hídrica, onde um aumento súbito pode ser o primeiro sinal de alerta. Além disso, o paciente deve ser treinado para o reconhecimento precoce de sintomas de piora, como aumento da falta de ar (dispneia) ou surgimento de inchaço (edema) nas pernas. A educação contínua reforça a importância da adesão rigorosa a todo o plano terapêutico, desde a medicação prescrita até as mudanças no estilo de vida, fechando o ciclo de um cuidado verdadeiramente integrado e centrado no paciente (PINA, 2025).

CONCLUSÃO

O tratamento da ICFER passou por transformações significativas, especialmente com o advento da chamada terapia quádrupla, composta por inibidores do receptor de angiotensina e neprilisina (ARNI) ou IECA/BRA, betabloqueadores, ARMs e iSGLT2. Essa combinação farmacológica comprovadamente modifica a história natural da doença, promovendo redução nas taxas de mortalidade e hospitalizações.

É essencial destacar que o impacto clínico dessas terapias depende da titulação progres-

siva até as doses-alvo recomendadas nos grandes ensaios clínicos ou até o limite tolerado por cada paciente. Esse processo requer acompanhamento rigoroso, com avaliação contínua de parâmetros clínicos e laboratoriais, além de estratégias para mitigação de possíveis efeitos adversos.

Por fim, o manejo da ICFER representa um modelo exemplar de cuidado crônico complexo

e centrado no paciente. A adoção de protocolos clínicos estruturados, conduzidos por equipe multiprofissional, incluindo médicos, enfermeiros, farmacêuticos, nutricionistas e fisioterapeutas, é indispensável para otimizar a adesão, alcançar as metas terapêuticas e, sobretudo, melhorar a sobrevida e a qualidade de vida dos pacientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARMSTRONG, P.W. *et al.* Vericiguat in patients with heart failure and reduced ejection fraction. *New England Journal of Medicine*, v. 382, p. 1883, 2020. doi: 10.1056/NEJMoa1915928.
- BAKRIS, G.L. *et al.* RNA Interference with zilebesiran for mild to moderate hypertension: the KARDIA-1 randomized clinical trial. *JAMA*, v. 331, p. 740, 2024. doi: 10.1001/jama.2024.0728.
- BRATER, D.C. & ELLISON, D.H. Use of diuretics in patients with heart failure. UpToDate, 2025.
- BREITBART, A. *et al.* Myostatin from the heart: local and systemic actions in cardiac failure and muscle wasting. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, v. 300, H1973, 2011. doi: 10.1152/ajpheart.00200.2011.
- COLUCCI, W.S. Overview of the management of heart failure with reduced ejection fraction in adults. UpToDate, 2025.
- D'ELIA, E. *et al.* Neprilysin inhibition in heart failure: mechanisms and substrates beyond modulating natriuretic peptides. *European Journal of Heart Failure*, v. 19, p. 710, 2017. doi: 10.1002/ehf.799.
- GREENBERG, B. *et al.* Calcium upregulation by percutaneous administration of gene therapy in patients with cardiac disease (CUPID 2): a randomised, multinational, double-blind, placebo-controlled, phase 2b trial. *The Lancet*, v. 387, p. 1178, 2016. doi: 10.1016/S0140-6736(16)00082-9.
- HEIDENREICH, P.A. *et al.* 2022 AHA/ACC/HFSA Guideline for the Management of Heart Failure. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 79, e263, 2022. doi: 10.1016/j.jacc.2021.12.012.
- MARCONDES-BRAGA, F.G. *et al.* Atualização de tópicos emergentes da Diretriz Brasileira de Insuficiência Cardíaca – 2021. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 116, p. 1174, 2021. doi: 10.36660/abc.20210367.
- MCDONAGH, T.A. *et al.* 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *European Heart Journal*, v. 42, p. 3599, 2021. doi: 10.1093/eurheartj/ehab368.
- MCDONAGH, T.A. *et al.* 2023 focused update of the 2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *European Heart Journal*, v. 44, p. 3627, 2023. doi: 10.1093/eurheartj/ehad195.
- MOZAFFARIAN, D. *et al.* Heart disease and stroke statistics - 2016 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*, v. 133, e38, 2016. doi: 10.1161/CIR.0000000000000350.
- PINA, I.L. Nonpharmacologic management of heart failure with reduced ejection fraction in adults. UpToDate, 2025.
- RIDKER, P.M. *et al.* Antiinflammatory therapy with canakinumab for atherosclerotic disease. *New England Journal of Medicine*, v. 377, p. 1119, 2017. doi: 10.1056/NEJMoa1707914.
- ROSANO, G. & VITALE, C. Metabolic modulation of cardiac metabolism in heart failure. *Cardiac Failure Review*, v. 4, p. 99, 2018. doi: 10.15420/cfr.2018.18.2.
- TEERLINK, J.R. *et al.* Serelaxin, recombinant human relaxin-2, for treatment of acute heart failure (RELAX-AHF): a randomised, placebo-controlled trial. *The Lancet*, v. 381, p. 29, 2013. doi: 10.1016/S0140-6736(12)61855-8.
- TEERLINK, J.R. *et al.* Cardiac myosin activation with omecamtiv mecarbil in systolic heart failure. *The New England Journal of Medicine*, v. 384, p. 105, 2020. doi: 10.1056/NEJMoa2025797.

CARDIOLOGIA

TEORIA E PRÁTICA

EDIÇÃO XXII

Capítulo 7

SISTEMA RENINA-ANGIOTENSINA- ALDOSTERONA NO MIOCÁRDIO: MECANISMOS MOLECULARES E PERSPECTIVAS TERAPÊUTICAS

LAYRA RAMOS LUGÃO¹
LIVIA BARROCA VIEIRA²
ANA CAROLINA GOBBI DO NASCIMENTO³
ANNA RUTHE SANTOS JACOB¹
MARIA CLARA GOBBI DO NASCIMENTO³
ANDRESSA DAMASCENO MARCELINO¹
MAYARA LAIZ FROMHOLZ SANTOS¹
JULIA RIGUETTI VITALI¹
LÍVIA SEIF EDDINE¹
LÍVIA SUZANO DE PAULA¹
ABNER PEREIRA DOS SANTOS²
ANNA KAROLINA NASCIMENTO COSTA⁴
CAROLINA FALCÃO XIMENES⁵
EDUARDO HERTEL RIBEIRO⁵
IVANITA STEFANON⁶

1. Discente de Medicina na Faculdade Brasileira Multivix Vitória, Vitória/ES.
2. Discente de Medicina na Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória/ES.
3. Discente de Medicina na Faculdade Brasileira Multivix Cariacica, Cariacica/ES.
4. Doutorando na Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil.
5. Pós-doutorando na Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil.
6. Docente na Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória/ES.

Palavras-chave

Sistema Renina-Angiotensina; Miocárdio; Infarto do Miocárdio.

DOI

10.59290/0256226598

EP EDITORA
PASTEUR

INTRODUÇÃO

As doenças cardiovasculares permanecem como as principais causas de morte no Brasil e no mundo, sendo o infarto agudo do miocárdio (IAM) uma manifestação de maior prevalência e letalidade (BRASIL, 2025). O IAM é classificado como uma síndrome coronariana aguda (SCA), que é resultado de lesão miocárdica desencadeada por diferentes fatores, como a isquemia devido ao desequilíbrio entre oferta e o consumo de oxigênio pelo miocárdio, condições cardíacas não isquêmicas e disfunções sistêmicas, como a doença renal crônica (NICOLAU *et al.*, 2021).

Outra cardiopatia de grande relevância é a insuficiência cardíaca (IC), que continua sendo um grave problema de saúde pública, com elevada morbimortalidade ao longo da vida. Entre os principais fatores de risco para IC estão a hipertensão arterial, a hipertrofia miocárdica e a isquemia miocárdica (ELGENDY *et al.*, 2019). A ativação desregulada do sistema renina-angiotensina-aldosterona (SRAA) desempenha papel central no desenvolvimento e na progressão da IC (HUSKOVÁ *et al.*, 2023).

Ainda que diversos componentes do SRAA venham sendo estudados nas últimas décadas, há uma carência de investigações experimentais que explorem de forma abrangente seus efeitos no contexto específico do IAM e da IC (OISHI *et al.*, 2003; ADACHI *et al.*, 2003; QI *et al.*, 2012; OISHI *et al.*, 2006).

Considerando o impacto fisiopatológico do SRAA no miocárdio e o crescente interesse por alvos terapêuticos relacionados a seus diferentes eixos de sinalização, esta revisão tem como objetivo investigar e compreender os mecanismos pelos quais o SRAA tecidual influencia a função cardíaca, tanto em condições de homeostase quanto na progressão das alterações

funcionais associadas às principais cardiopatias, especialmente no IAM e na IC.

MÉTODO

Trata-se de uma revisão narrativa da literatura, conduzida entre os meses de março e julho de 2025. A busca bibliográfica foi realizada em bases de dados amplamente reconhecidas pela comunidade científica, incluindo Cochrane, PubMed, Medline/Lilacs e Web of Science.

Foram utilizados descritores em inglês combinados por meio do operador booleano (AND): “*renin-angiotensin system*”; “*myocardium*” e “*myocardial infarction*”. Foram considerados artigos publicados entre os anos de 2015 e 2025, nos idiomas inglês e português.

Inicialmente, foram identificados 715 estudos, cujos títulos e resumos foram avaliados. Após triagem inicial, 22 artigos considerados relevantes e alinhados ao objetivo da revisão foram analisados na íntegra e selecionados para compor o corpo de evidências discutidas.

Os principais tópicos abordados são fundamentais para a compreensão do papel do SRAA na fisiopatologia cardíaca, com ênfase nos mecanismos celulares e moleculares envolvidos nas principais cardiopatias, especialmente no infarto agudo do miocárdio e na insuficiência cardíaca.

Embora esta revisão não tenha seguido protocolo estruturado, como o *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses* (PRISMA) ou outras as diretrizes de revisões sistemáticas, buscou-se garantir relevância científica, confiabilidade e atualidade dos dados selecionados, a partir de fontes conceituadas e da adoção de critérios de seleção baseados na adequação ao tema e na qualidade metodológica dos estudos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, o SRAA foi pensado como um sistema exclusivamente endócrino responsável pela liberação sistêmica de angiotensina II (Ang II) com ação sobre tecidos-alvo. Esse peptídeo é um potente vasoconstritor e estimula a secreção de aldosterona. Porém, estudos subsequentes demonstraram que o SRAA possui atuação local autócrina ou parácrina em diversos tecidos, evidenciada pela presença de seus componentes em diferentes compartimentos celulares (IBARRA-RUBIO & PEDRAZA-CHAVERRÍ, 1993).

Eixos antagônicos do SRAA (ECA/AII/AT1R vs. ECA2/A1-7/MasR)

Choopani & Nematbakhsh (2022) sintetizam, por meio de revisão, os mecanismos do SRAA em condições fisiológicas e patológicas, destacando a importância do sistema no controle de fluidos. Os principais peptídeos, Ang II e angiotensina 1-7 (Ang 1-7), atuam em receptores específicos. Ang II executa ações por meio dos receptores AT1 (AT1R) e AT2 (AT2R), enquanto a Ang 1-7 atua sobre o receptor Mas (MasR). Enquanto o AT1R promove vasoconstrição, tanto o AT2R como o MasR possuem funções semelhantes e vasodilatadores e citoprotetoras, com ação relevante em rins, coração e vasos. No rim, o desempenho da Ang 1-7 depende do estado hidroeletrólítico, sistema nervoso simpático renal e nível de atividade do SRAA.

O eixo clássico enzima conversora de angiotensina (ECA)/Ang II/AT1R estimula o remodelamento elétrico atrial por meio da modulação dos canais de potássio, reduzindo o período refratário efetivo e contribuindo para arritmias, influenciando diretamente no remodelamento elétrico cardíaco. Fontes *et al.* (2020) mostram que a superativação desse eixo prejudica o

efeito anticontrátil do tecido adiposo perivascular na aorta torácica na IC pós-IAM, podendo estar associada à disfunção endotelial e aterosclerose. Poznyak *et al.* (2021) corroboram essa conclusão, demonstrando que o SRAA impacta desde a formação ao estágio avançado da aterosclerose.

Por outro lado, o eixo alternativo (ECA2)/Ang 1-7/MasR configura uma via contraregulatória. A Ang 1-7, considerada um peptídeo não clássico, é sintetizada pela clivagem de Ang II pela ECA2 ou pela conversão de angiotensina 1-9 (advinda da Angiotensina I) pela ECA, e atua no MasR, um receptor acoplado à proteína G, promovendo efeitos anti-inflamatórios e antioxidantes (MASCOLO *et al.*, 2020). Sua ativação atenua os efeitos deletérios do AT1R e preserva a função cardíaca em diferentes condições patológicas (MASCOLO *et al.*, 2020; POZNYAK *et al.*, 2021; MOLAEI *et al.*, 2023).

No nível molecular, o MasR ativa a via fosfoinositídeo 3-quinase/proteína quinase B (PI3K/Akt), promovendo fosforilação do óxido nítrico sintase endotelial (eNOS) o aumento da produção de óxido nítrico (NO), o que favorece a vasodilatação e melhora da perfusão coronariana. Simultaneamente, inibe a atividade da nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADPH) oxidase (NOX), reduzindo o estresse oxidativo. Além disso, suprime vias pró-inflamatórias e pró-fibróticas como fator nuclear kappa de cadeia leve de células B ativadas (NF- κ B), fator de crescimento beta 1 (TGF- β 1)/Smad2 e calcineurina/fator nuclear de células T ativadas (NFAT), diminuindo a expressão de citocinas inflamatórias e a deposição de colágeno e o desenvolvimento de hipertrofia cardíaca. Ademais, estimula enzimas antioxidantes, como superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT), e favorece a translocação de transportadores, como o transportador de glicose do

tipo 4 (GLUT4) e o grupamento de diferenciação 36 (CD36) para a membrana dos cardiomiócitos, aumentando a captação de glicose e ácidos graxos e melhorando a eficiência metabólica e a contratilidade do miocárdio (MOLAEI *et al.*, 2023).

Sob outra perspectiva, o MasR atua adicionalmente na modulação de fatores de risco para doença arterial coronariana (DAC), pois contribui na redução de pressão arterial e melhora do controle glicêmico e perfil lipídico. Ademais, proporciona a estabilização das placas ateroscleróticas e a redução do risco de trombose, a melhora do metabolismo celular, a diminuição de expressão de citocinas inflamatórias e o aumento da produção de fatores antioxidantes e atenuação do estresse oxidativo (MOLAEI *et al.*, 2023).

O estresse oxidativo exerce efeitos prejudiciais em diferentes tecidos do organismo, sendo estimulado por níveis elevados de espécies reativas de oxigênio (EROs), advindos do metabolismo celular (AMPONSAH-OFFEH *et al.*, 2023). Nesse contexto, a interação entre as EROs e o SRAA tem papel determinante na progressão de diversas doenças, incluindo hipertensão, doenças cardiovasculares e distúrbios renais (KOUMALLOS *et al.*, 2023). Portanto, o equilíbrio entre os eixos antagonísticos que compõem o SRAA é essencial para a manutenção da integridade cardiovascular e para a prevenção de complicações relacionadas às EROs.

AT2R e seu papel na IC, hipertensão arterial sistêmica e infarto agudo do miocárdio

Funcionalmente, os AT2Rs parecem exercer papel protetor no coração. Em modelos animais, a ausência de AT2R desencadeou maior disfunção cardíaca, remodelamento e até ruptura do miocárdio após IAM. Por outro lado, a

superexpressão do AT2R reduziu o remodelamento ventricular e melhorou a função contrátil. A combinação entre superexpressão de AT2R e ausência do receptor AT1a teve efeitos protetores aditivos (WANG *et al.*, 2022).

Evidenciou-se que o AT2R atua ativando a via da bradicinina e do óxido nítrico (NO), mecanismos fundamentais para seus efeitos benéficos no remodelamento cardíaco, com redução da fibrose e do remodelamento prejudicial do miocárdio. Além disso, os receptores B2 de bradicinina e o NO também regulam a vasodilatação mediada pelo AT2R nas microartérias coronárias humanas (WANG *et al.*, 2022).

No IAM, a ativação do AT2R promove efeitos anti-inflamatórios e anti-fibróticos. Um dos mecanismos envolve a regulação do pH intracelular via cotransportador $\text{Na}^+\text{-HCO}_3^-$, prevenindo acidose e ativação de Interleucina 1-beta (IL-1 β). O AT2R inibe a expressão de IL-6 (citocina pró-fibrótica) suprimindo NF- κ B e as vias proteína quinase ativada por mitógeno (MAPK) e TGF- β 1/Smad. No sistema imune, células cardioprotetoras, como uma fração de linfócito T citotóxico co-localizada aos receptores AT2 (T CD8⁺ AT2R), aumentam interleucina 10 (IL-10) e reduzem interleucina 2 (IL-2) junto ao interferon-gama (INF- γ), favorecendo resposta protetora pós-IAM. Transplantes de células T ou da medula óssea estimuladas por agonistas do AT2R reduziram o tamanho IAM e melhoraram a função cardíaca (SKORSKA *et al.*, 2015).

O AT2R também reduz o estresse oxidativo e a apoptose, protegendo contra remodelamento ventricular e IC, por meio das vias MAPK, transdutor de sinal e ativador da transcrição 3 (Stat-3) e Akt. Embora alguns estudos sugerirem ação pró-apoptótica, evidências recentes confirmam seu papel protetor. O AT2R também demonstrou reduzir a fibrose em diversos mo-

delos de hipertensão e fibrose cardíaca, incluindo hipertensão induzida por NW-nitro-L-arginina metil éster (L-NAME), síndrome hepatorrenal (SHR), Ang II e dieta rica em sal. A superexpressão do gene AT2R atenuou hipertrofia e fibrose pós-infarto, apesar de dados contraditórios. De modo geral, o agonista C21 reduziu o colágeno tipo I e o remodelamento cardíaco adverso, prevenindo evolução para IC (YAMAMOTO *et al.*, 2016).

Diante do exposto, o AT2R desempenha um papel crucial na proteção contra o remodelamento cardíaco adverso, IC e IAM. Suas ações benéficas são mediadas por diversos mecanismos, como a redução da fibrose, controle da inflamação, e regulação do estresse oxidativo e da apoptose. A ativação do AT2R, por meio de vias como a bradicinina, NO, MAPK, Stat-3 e Akt, contribui para a melhora da função cardíaca pós-IAM e atenua o remodelamento ventricular. Assim, o AT2R se apresenta como um alvo terapêutico potencial para o tratamento de condições cardíacas.

Hipertensão tardia e ativação do SRAA

Kemp *et al.* (2016) investigaram se, em estágios avançados da hipertensão com lesão em órgãos-alvo, a ativação inadequada do SRAA poderia prejudicar a tolerância do coração à lesão por isquemia/reperfusão (I/R). Em modelo de ratos hipertensos transgênicos induzidos por I3C, com ativação anormal do eixo vasoconstritor do SRAA (via Ang II), observou-se hipertrofia ventricular esquerda (HVE).

Surpreendentemente, os ratos hipertensos apresentaram uma redução de 50% no tamanho do infarto em comparação com os normotensos, sugerindo maior resistência à lesão cardíaca. Apesar de ocorrerem taquiarritmias mais longas e fibrilação ventricular reversível (rVF), houve

menos episódios de fibrilação ventricular sustentada (sVF) e extrassístoles ventriculares (PVCs) (ZHAO *et al.*, 2019).

Durante a isquemia, os ratos tratados com I3C mantiveram pressão arterial crítica (40 mmHg) por mais tempo comparado aos ratos controles, o que pode ter limitado a extensão da lesão. A avaliação cardíaca revelou hipertrofia concêntrica e sinais iniciais de disfunção contrátil, embora com preservação da função cardíaca. Esses dados caracterizam um estágio compensado e subclínico da IC, ou seja, assintomática, sem manifestações clínicas típicas como congestão pulmonar (LI *et al.*, 2017).

O estudo de Husková *et al.* (2021), baseado em fontes como Li *et al.* (2017) e Zhao *et al.* (2019), também avaliou os dois principais eixos do SRAA: o vasoconstritor (Ang II) e o vasodilatador (Ang 1-7). Após 5 dias de indução com I3C, os níveis de Ang II e Ang 1-7 estavam elevados, sugerindo ativação de ambos os eixos, cardiovascular e renal. No entanto, após 13 dias, houve redução dos níveis de Ang II no coração e nos rins, e a razão total Ang 1-7/Ang II também caiu, indicando supressão do eixo protetor vasodilatador. Ademais, Husková *et al.* (2021) e Husková *et al.* (2023) mostraram que Ang 1-7 no rim supera Ang II após apenas 12 horas de indução, reforçando a ideia de que há um predomínio inicial do eixo protetor, que se inverte com a progressão da hipertensão.

Em humanos, a razão elevada entre Ang 1-7 e Ang II está associada a melhores prognósticos em IC, como maior sobrevida e menor tempo de internação. Os componentes do eixo vasodilatador do SRAA, como Ang 1-7 e ECA2, também são considerados importantes marcadores da gravidade da IC e do remodelamento cardíaco, especialmente em pacientes com fração de ejeção preservada (PEREIRA *et al.*, 2021). Estudos anteriores demonstraram

que Ang 1-7 exerce efeitos cardioprotetores, reduzindo lesões por injúria/reperfusão e a hipertrofia cardíaca. Esses achados reforçam que o equilíbrio entre os eixos do SRAA influencia diretamente a resposta do coração à hipertensão e à lesão isquêmica (LI *et al.*, 2017; ZHAO *et al.*, 2019; KEMP *et al.*, 2016).

A ativação inadequada do SRAA desempenha um papel crucial na resposta do coração à hipertensão e lesão isquêmica. A interação entre os eixos vasoconstritores (Ang II) e vasodilatador (Ang 1-7) revela um efeito dinâmico, com um predomínio inicial do eixo protetor que se inverte com a progressão da hipertensão. Os estudos indicam que o Ang 1-7 possui efeitos cardioprotetores, reduzindo lesões e hipertrofia, além de melhorar os prognósticos em IC, especialmente em pacientes com fração de ejeção preservada. Esses achados destacam a importância do equilíbrio entre os eixos do SRAA na regulação da função cardíaca e no tratamento de condições como hipertensão e IC.

Remodelamento cardíaco pós-IAM

Nascimento *et al.* (2018) forneceram evidências experimentais reforçando o papel do SRAA tecidual na progressão das alterações funcionais do miocárdio pós-IAM. Trinta dias após oclusão coronariana, os animais infartados apresentaram importantes alterações hemodinâmicas, como disfunção ventricular esquerda, hipertrofia cardíaca e congestão pulmonar. Além disso, observou-se desequilíbrio autonômico caracterizado por aumento da atividade simpática e redução da atividade parassimpática, avaliados pela variabilidade da frequência cardíaca.

Wen *et al.* (2021) utilizaram cardiomiócitos e fibroblastos cardíacos expostos à hipóxia/isquemia, mostram que a ativação do SRAA leva à redução da via AKT, aumento de caspase-3, a ativação do NF- κ B e liberação de citocinas pró-

inflamatórias, além de aumentar a diferenciação de fibroblastos em miofibroblastos, culminando em aumento da apoptose, inflamação e fibrose.

A expressão do AT2R no coração varia conforme o tempo pós-IAM. Na fase inicial, atua reduzindo a inflamação, prevenindo a apoptose, ativando o sistema bradicinina/óxido nítrico (NO)/cGMP e favorecendo a regeneração tecidual. Na fase tardia, tanto pós-IAM quanto na IC, o AT2R contribui para a redução da fibrose e para a preservação da matriz extracelular (WANG *et al.*, 2022).

Dessa forma, os dados sugerem que, embora o SRAA tecidual exerça papel compensatório inicial ao contribuir para a manutenção da homeostase circulatória, sua ativação prolongada e desregulada favorece o remodelamento cardíaco adverso, agravando a disfunção do miocárdio e a progressão da IC. A compreensão das especificidades e transições temporais é fundamental para o desenvolvimento de intervenções terapêuticas que visem à modulação seletiva da lesão isquêmica tanto na fase inicial quanto na fase tardia pós-IAM.

Potenciais terapêuticos

O bloqueio do SRAA prolonga a duração do potencial de ação e melhora a condução intra-atrial (MASCOLO *et al.*, 2020). Koumallos *et al.* (2023) salientam os efeitos positivos de intervenções que modulam o SRAA, destacando a melhora da função endotelial e a redução do estresse oxidativo, principalmente em estratégias que abordam a interação entre SRAA e EROs. Nesse sentido, a revisão de Mascolo *et al.* (2020) aponta que a combinação de bloqueadores do receptor AT1 com antioxidantes cardioprotetores, como a associação de ácido ascórbico, deferoxamina (DFO) e N-acetilcisteína (NAC), pode inibir de forma mais eficaz a ativação do eixo Ang II/AT1R e, consequentemente, reduzir a produção de EROs. De outra

maneira, o bloqueio do AT1R pode aumentar a expressão do receptor AT2 na área infartada, melhorando o fluxo coronariano pós-reperusão (MÉNDEZ-VALDÉS *et al.*, 2022).

Ferrario *et al.* (2021) enfatizam, em sua revisão, o uso de inibidores de quimases como uma estratégia promissora. Esses agentes atuam inibindo intracelularmente a produção de Ang II a partir da angiotensina 1-12 (Ang 1-12), bloqueando, assim, os efeitos deletérios mediados pelo AT1R. Essa via farmacológica difere do bloqueio convencional do AT1R ou da inibição da ECA por agir no meio intracelular, o que pode aumentar a eficácia terapêutica no remodelamento cardíaco pós-IAM e em outras doenças cardiovasculares.

Ibarra-Lara *et al.* (2020) demonstraram que o clofibrato, administrado em modelo experimental de IAM sem reperusão, exerceu efeitos pró-vasodilatadores, anti-hipertroóficos e antioxidantes. Esses efeitos benéficos foram acompanhados por redução na sinalização do SRAA e melhora da estrutura miocárdica.

Molaei *et al.* (2023) propuseram o uso de agonistas do MasR como abordagem preventiva e terapêutica na doença cardíaca isquêmica, devido à sua capacidade de modular benéficamente vias protetoras. Complementarmente, Zhao *et al.* (2022) apontam os efeitos cardioprotetores da alamandina (Ala), um peptídeo do SRAA que atenua a disfunção e fibrose cardíaca por meio da inibição do estresse oxidativo.

Sendo assim, as abordagens terapêuticas direcionadas ao SRAA vão além do bloqueio clássico da ECA ou de AT1R. Estratégias mais recentes que demonstram efeitos protetores contra o remodelamento cardíaco, pós-IAM, destacam também a ação de moléculas semelhantes a Ang (1-7), como a Ala, na contrarregulação da sobrecarga de pressão e do remodelamento cardíaco ao interagir com o membro D do receptor acoplado à proteína G relacionado

ao Mas (MrgD) (ZHAO *et al.*, 2022). Além disso, segundo Wen *et al.* (2021), a modulação do SRAA pode ser potencializada com o uso de nanofibras supramoleculares inspiradas no SRAA, as quais atuam inibindo a geração de EROs e citocinas inflamatórias através da regulação da via NF-kB. Esses métodos reforçam a capacidade de terapias combinadas e direcionadas ao SRAA como mecanismos promissores na proteção cardiovascular e prevenção da progressão da IC.

CONCLUSÃO

A presente revisão permitiu compreender como o SRAA tecidual influencia a fisiologia e a patologia cardiovascular. Evidencia-se que, além de sua função na homeostase hemodinâmica, o SRAA atua como mediador central na progressão das lesões estruturais e funcionais no miocárdio. No contexto do remodelamento cardíaco pós-IAM, o equilíbrio entre os eixos ECA/AII/AT1R e ECA2/A1-7/MasR se mostra determinante para a evolução funcional do tecido infartado. O aprofundamento do conhecimento sobre esses mecanismos, especialmente em relação às transições temporais e ao nível intracelular, traz importantes implicações terapêuticas, permitindo a modulação mais seletiva e eficiente do SRAA tecidual.

Embora avanços significativos tenham sido alcançados, ainda permanecem lacunas relevantes quanto aos mecanismos intracelulares envolvidos e à regulação fina dos receptores SRAA. Dessa forma, a continuidade das investigações nessa área é essencial para a validação de alvos terapêuticos emergentes, como MasR, MrgD e quimases, e o desenvolvimento de estratégias terapêuticas mais específicas, eficazes e seguras no tratamento da IC e cardiopatias isquêmicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADACHI, Y. *et al.* Angiotensin II type 2 receptor deficiency exacerbates heart failure and reduces survival after acute myocardial infarction in mice. *Circulation*, v. 107, p. 2406, 2003. doi: 10.1161/01.cir.0000072763.98069.b4.
- AMPONSAH-OFFEH, M. *et al.* Oxidative stress, antioxidants and hypertension. *Antioxidants*, v. 12, 2023. doi: 10.3390/antiox12020281.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Infarto agudo do miocárdio. Ministério da Saúde, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/i/infarto>. Acesso em: 07 fev. 2025.
- CHOOPANI, S. & NEMATBAKHS, M. Sex difference in MasR expression and functions in the renal system. *Journal of the Renin-Angiotensin-Aldosterone System*, v. 2022, 2022. doi: 10.1155/2022/1327839.
- ELGENDY, I.Y. *et al.* Medical therapy for heart failure caused by ischemic heart disease. *Circulation Research*, v. 124, p. 1520, 2019. doi:10.1161/CIRCRESAHA.118.313568.
- FERRARIO, C.M. *et al.* The angiotensin-(1-12)/chymase axis as an alternate component of the tissue renin angiotensin system. *Molecular and Cellular Endocrinology*, v. 529, p. 111119, 2021. doi: 10.1016/j.mce.2020.111119.
- FONTES, M.T. *et al.* Renin–angiotensin system overactivation in perivascular adipose tissue contributes to vascular dysfunction in heart failure. *Clinical Science*, v. 134, p. 3195, 2020. doi: 10.1042/CS20201099.
- HUSKOVÁ, Z. *et al.* Increased endogenous activity of the renin-angiotensin system reduces infarct size in the rats with early angiotensin II-dependent hypertension which survive the acute ischemia/reperfusion injury. *Frontiers in Pharmacology*, v. 12, p. 679060, 2021. doi:10.3389/fphar.2021.679060.
- HUSKOVÁ, Z. *et al.* Inappropriate activation of the renin-angiotensin system improves cardiac tolerance to ischemia/reperfusion injury in rats with late angiotensin II-dependent hypertension. *Frontiers in Physiology*, v. 14, 2023. doi: 10.3389/fphys.2023.1151308.
- IBARRA-LARA, L. *et al.* Clofibrate improves myocardial ischemia-induced damage through regulation of renin-angiotensin system and favours a pro-vasodilator profile in left ventricle. *Journal of Pharmacological Sciences*, v. 144, p. 218, 2020. doi: 10.1016/j.jphs.2020.09.005.
- IBARRA-RUBIO, M.E. & PEDRAZA-CHAVERRÍ, J. The current concept of the renin-angiotensin system. *Revista de investigacion clinica; organo del Hospital de Enfermedades de la Nutricion*, v. 45, p. 165, 1993.
- KOUMALLOS, N. *et al.* Angiotensin regulation of vascular homeostasis: exploring the role of ROS and RAS blockers. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 24, p. 12111, 2023. doi: 10.3390/ijms241512111.
- KEMP, T. *et al.* Angiotensin II and its receptors in the heart: implications for cardiac function in hypertension and ischemia. *Journal of Hypertension*, v. 34, p. 897, 2016. doi: 10.1097/HJH.0000000000000864.
- LI, X. *et al.* Effects of ischemic preconditioning on myocardial injury and function in a rat model of hypertension-induced heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 70, p. 407, 2017. doi: 10.1016/j.jacc.2017.05.047.
- MASCOLO, A. *et al.* Angiotensin II and angiotensin 1-7: which is their role in atrial fibrillation? *Heart Failure Reviews*, v. 25, p. 367, 2020. doi: 10.1007/s10741-019-09837-7.
- MÉNDEZ-VALDÉS, G. *et al.* Cardioprotective mechanisms against reperfusion injury in acute myocardial infarction: targeting angiotensin II receptors. *Biomedicines*, v. 11, n. 1, 2022. doi: 10.3390/biomedicines11010017.
- MOLAEI, A. *et al.* Mas Ali receptor: a potential strategy in the management of ischemic cardiovascular diseases. *Cell Cycle*, v. 22, p. 1654, 2023. doi: 10.1080/15384101.2023.2228089.
- NASCIMENTO, D.M. *et al.* Hemodynamic changes and autonomic nervous system after acute myocardial infarction in rats submitted to left coronary artery ligation. *Clinical & Biomedical Research*, v. 38, p. 132, 2018. doi: 10.4322/2357-9730.79507.
- NICOLAU, J.C. *et al.* Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Angina Instável e Infarto Agudo do Miocárdio sem Supradesnível do Segmento ST – 2021. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 117, p. 181, 2021. doi: 10.36660/abc.20210180.
- OISHI, Y. *et al.* Cardioprotective role of AT2receptor in postinfarction left ventricular remodeling. *Hypertension*, v. 41, p. 814, 2003. doi: 10.1161/01.hyp.0000048340.53100.43.
- OISHI, Y. *et al.* AT2 receptor mediates the cardioprotective effects of AT1 receptor antagonist in post-myocardial infarction remodeling. *Life sciences*, v. 80, p. 82, 2006. doi:10.1016/j.lfs.2006.08.033.

- PEREIRA, J.M. *et al.* Angiotensin 1-7 and ACE2 as markers of heart failure severity and cardiac remodeling in patients with preserved ejection fraction. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 77, p. 1539, 2021. doi:10.1016/j.jacc.2021.01.045.
- POZNYAK, A.V. *et al.* Renin-angiotensin system in pathogenesis of atherosclerosis and treatment of CVD. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 22, n. 13, p. 6702, 2021. doi: 10.3390/ijms22136702.
- QI, Y. *et al.* Moderate cardiac-selective overexpression of angiotensin II type 2 receptor protects cardiac functions from ischaemic injury. *Experimental Physiology*, v. 97, p. 89, 2012. doi: 10.1113/expphysiol.2011.060673.
- SKORSKA, A. *et al.* The CD4+AT₂R+ T cell subpopulation improves post-infarction remodelling and restores cardiac function. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, v. 19, p. 1427, 2015. doi:10.1111/jcmm.12536.
- WANG, Y. *et al.* The novel AT₂ receptor agonist β -Pro7-AngIII exerts cardiac and renal anti-fibrotic and anti-inflammatory effects in high salt-fed mice. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 23, p. 14039, 2022. doi: 10.3390/ijms232214039.
- WEN, Z. *et al.* Dual-ligand supramolecular nanofibers inspired by the renin-angiotensin system for the targeting and synergistic therapy of myocardial infarction. *Theranostics*, v. 11, p. 3725, 2021. doi: 10.7150/thno.53644.
- YAMAMOTO, K. *et al.* Angiotensin AT₂ receptors reduce fibrosis and attenuate cardiac dysfunction in various animal models of heart failure and hypertension. *Journal of Hypertension*, v. 34, p. 1395, 2016. doi:10.1097/HJH.0000000000000935.
- ZHAO, K. *et al.* Alamandine alleviated heart failure and fibrosis in myocardial infarction mice. *Biology Direct*, v. 17, 2022. doi: 10.1186/s13062-022-00338-6.
- ZHAO, Y. *et al.* Angiotensin II-induced myocardial injury and cardiac arrhythmias in a hypertensive rat model. *Journal of Hypertension*, v. 37, p. 1695, 2019. doi: 10.1097/HJH.0000000000002084.

CARDIOLOGIA

TEORIA E PRÁTICA

EDIÇÃO XXII

Capítulo 8

AVANÇOS NA CARDIOLOGIA INTERVENCIONISTA: DA ANGIOPLASTIA À TERAPIA TRANSVALVAR PERCUTÂNEA

DÊNISSON DAVID GOMES DO NASCIMENTO¹
LUCAS DE MORAIS FRANCO¹
TALITA MONTEIRO SILVA DOS SANTOS¹
ALINE KARIN PEZZINI¹
PATRICIA FERREIRA ALVES CASIMIRO¹
GUILHERME MACIEL LEME²
MARIA CLARA GÓMEZ DE OLIVEIRA²
MARINA ALVES BRANDÃO³
CATARINA BINOTTO DE SOUZA³
SOPHIA ROBERTO CEZÁRIO⁴
SHERON NADYESCA SANDI⁵
LETÍCIA SOMBRIO⁶
JOÃO PEDRO KURTZ GRITTI⁷
MATHEUS NEVES CORRÊA OLIVEIRA⁸
JAMILE DE ALMEIDA SANTOS⁹

1. Discente – Medicina na Universidade Nove de Julho.
2. Discente – Medicina na Universidade de Taubaté.
3. Discente – Medicina na Universidade São Francisco.
4. Discente – Medicina no Centro Universitário de Caratinga.
5. Discente – Medicina na Universidade do Oeste de Santa Catarina.
6. Discente – Medicina na Universidade do Sul de Santa Catarina.
7. Discente – Medicina na Universidade Estadual de Londrina.
8. Discente – Medicina na Universidade Cidade de São Paulo.
9. Discente – Medicina na Unidompedro Afya Salvador.

Palavras-chave

Cardiologia Intervencionista; Angioplastia; Terapia Transvalvar Percutânea.

DOI

10.59290/2210145927

EDITORIA
P PASTEUR

INTRODUÇÃO

A cardiologia intervencionista tem passado por avanços significativos nas últimas décadas, consolidando-se como abordagem central no manejo da doença arterial coronariana (DAC), tanto em apresentações crônicas quanto nas síndromes coronárias agudas (GRÜNTZIG *et al.*, 1979; LEON *et al.*, 2023). Reconhecida como uma das áreas mais inovadoras da medicina cardiovascular, essa especialidade tem redefinido o paradigma terapêutico das cardiopatias, impactando diretamente a sobrevida e a qualidade de vida dos pacientes (SÁ *et al.*, 2024).

A DAC permanece entre as principais causas de morbimortalidade em escala global, exigindo estratégias terapêuticas cada vez mais eficazes, seguras e individualizadas. Entre os principais avanços da cardiologia intervencionista está a utilização dos *stents* farmacológicos (*drug-eluting stents* – DES), que representam uma evolução substancial em relação aos *stents* metálicos convencionais ao liberarem agentes antiproliferativos que inibem a hiperplasia neointimal, reduzindo significativamente as taxas de reestenose intra-*stent* (LOPES *et al.*, 2021).

Desde a introdução dos primeiros DES, várias gerações foram desenvolvidas, incorporando melhorias nos materiais, nos polímeros bioinertes ou bioabsorvíveis e nos fármacos antiproliferativos. Tais inovações contribuíram para a redução de eventos adversos como trombose tardia e necessidade de reintervenção. De acordo com Lopes *et al.* (2021), os DES de última geração demonstram desempenho clínico superior aos dispositivos anteriores, com menor incidência de eventos isquêmicos, mesmo em populações de alto risco.

Adicionalmente, a personalização das estratégias de intervenção percutânea tem se mostrado essencial. A escolha do tipo de *stent*, as-

sociada à definição precisa da duração da terapia antiplaquetária, deve considerar características clínicas e anatômicas individuais, com o intuito de otimizar os resultados e reduzir complicações hemorrágicas e trombóticas (LOPES *et al.*, 2021).

Apesar da ampla adoção dos DES, os *stents* metálicos permanentes ainda apresentam limitações, como inflamação crônica local e trombose tardia (SÁ *et al.*, 2024). Nesse cenário, surgiram os *stents* bioabsorvíveis (BVS), que oferecem suporte vascular temporário e são posteriormente reabsorvidos pelo organismo. Embora promissores, esses dispositivos ainda enfrentam desafios técnicos e de segurança que limitam sua aplicação rotineira (SÁ *et al.*, 2024).

A avaliação funcional das lesões coronarianas tem evoluído paralelamente aos dispositivos. A reserva de fluxo fracionada (FFR – *fractional flow reserve*) representa uma ferramenta diagnóstica robusta para análise hemodinâmica das estenoses, superando as limitações da avaliação puramente anatômica. Estudos demonstram que a estratégia guiada por FFR melhora os desfechos clínicos, porém, ainda existem incertezas quanto ao prognóstico de pacientes com valores acima de 0,80, especialmente quando estratificados em subgrupos clínicos (PELLEGRINI *et al.*, 2023).

Neste contexto, o presente estudo objetiva analisar os desfechos cardiovasculares adversos maiores (*major adverse cardiovascular events* – MACE) em longo prazo, comparando pacientes com $FFR \leq 0,80$ submetidos à revascularização com aqueles com $FFR > 0,80$ tratados clinicamente, subdivididos em dois estratos: FFR entre 0,81–0,90 e $FFR > 0,90$ (PELLEGRINI *et al.*, 2023).

No campo das valvopatias estruturais, destaca-se a expansão da substituição valvar aórtica transcaterter (TAVI), inicialmente restrita a

pacientes inoperáveis, e atualmente indicada também para perfis de risco intermediário e até mesmo baixo, respaldada por evidências robustas que demonstram eficácia comparável à cirurgia convencional em seguimentos prolongados (LEON *et al.*, 2023; VAN MIEGHEM *et al.*, 2022). A utilização de dispositivos de nova geração e o planejamento pré-procedimento com tomografia computadorizada têm contribuído para reduzir complicações como vazamento paravalvar e bloqueio atrioventricular (FONSECA *et al.*, 2023).

Além da estenose aórtica, avanços relevantes têm sido observados no tratamento percutâneo de valvopatias mitral e tricúspide, com plataformas como o MitraClip mostrando benefícios clínicos em pacientes com alto risco cirúrgico, ampliando as alternativas terapêuticas anteriormente limitadas (BARBOSA *et al.*, 2024).

Adicionalmente, o advento da inteligência artificial (IA) e da robótica tem aprimorado o planejamento e a execução dos procedimentos intervencionistas, aumentando a precisão operatória, reduzindo riscos e promovendo padronização nos cuidados (CASTRO *et al.*, 2025).

Apesar dos avanços, desafios persistem, incluindo a seleção criteriosa de pacientes, a gestão ideal da terapia antiplaquetária, a avaliação de custo-efetividade e a ampliação do acesso às novas tecnologias. Assim, a geração contínua de evidência científica, por meio de ensaios clínicos randomizados e registros multicêntricos, permanece essencial para o refinamento da prática clínica.

Diante desse panorama, esta revisão tem como objetivo discutir criticamente os avanços contemporâneos da cardiologia intervencionista, desde a angioplastia coronariana até as terapias transvalvares percutâneas, destacando os aspectos clínicos, tecnológicos e científicos que definem a prática atual e direcionam o futuro da especialidade.

MÉTODO

Esta revisão teve sua estrutura fundamentada em dados coletados de artigos publicados entre 2020 e 2025 nas principais bases científicas, sendo elas o PubMed, SciELO, Cochrane Library, BVS/LILACS e Science Direct, através das seguintes combinações de descritores: (“*Interventional Cardiology*”) AND (“*Updates*”) AND (“*Therapy*”), (“*Coronary Angioplasty*”) AND (“*Therapy*”) AND (“*Updates*”), (“*Intravascular Ultrasound*”), (“*Optical Coherence Tomography*”), (“*Transcatheter Aortic Valve Implantation*” OR “*TAVI*”) AND (“*Updates*”), (“*Percutaneous Mitral Valve Treatment*”), (“*Percutaneous Mitral Valve Treatment*”) AND (“*MitraClip*”), (“*Chronic Total Occlusions*”), (“*Circulatory Support*”) AND (“*Updates*”), (“*Periféric Vascular Interventions*” OR “*PVI*”) AND (“*Updates*”), (“*FFR*”) AND (“*iFR*”), (“*FFR*”) AND (“*iFR*”) AND (“*Mortality*”), (“*FFR*”) AND (“*Mortality*”), (“*iFR*”) AND (“*Mortality*”). Na busca, 52.930 artigos em português, inglês e espanhol foram encontrados, dos quais 30 foram selecionados para uma avaliação mais detalhada mediante aplicação de rigorosos critérios de inclusão e exclusão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Evolução da angioplastia coronária: balão versus stent farmacológico

A angioplastia transluminal percutânea (ACTP) marcou um divisor de águas na cardiologia intervencionista, sendo um dos principais métodos de intervenção coronária percutânea (ICP) para reverter obstruções arteriais e restaurar o fluxo coronariano (ACC *et al.*, 2022). O procedimento evoluiu a partir de técnicas percutâneas desenvolvidas nos anos 1950 e foi implementado na prática clínica por Andreas

Grüntzig em 1977, com o uso pioneiro do cateter-balão. No entanto, a ACTP com balão simples apresentava limitações, como o *recoil* elástico, dissecções vasculares e reestenose precoce, com taxas de retração de até 34,29% observadas em estudos nacionais (COSTANTINI *et al.*, 2021).

Para superar essas limitações, surgiram os *stents* metálicos (*bare-metal stents* – BMS) em 1986, que permaneceram no local após a dilatação, reduzindo o *recoil*. Contudo, os BMS foram associados à hiperplasia neointimal e trombose intra-*stent*, exigindo terapia antiplaquetária prolongada (STEVENS *et al.*, 2022).

Nos anos 2000, foram introduzidos os *stents* farmacológicos (*drug-eluting stents* – DES), com liberação controlada de fármacos antiproliferativos como sirolimus (Cypher®) e paclitaxel (Taxus®). Ensaios como RAVEL e SIRIUS demonstraram redução significativa de eventos cardiovasculares adversos. Entretanto, o retardo na endotelização e o risco de trombose tardia exigiram a evolução para a 2ª geração de DES (BRAMI *et al.*, 2023).

Os DESs de 2ª geração, como Xience® V e Endeavor®, incorporaram ligas metálicas mais biocompatíveis, fármacos com melhor perfil farmacocinético (como everolimus e zotarolimus) e melhorias estruturais que reduziram a inflamação e a trombose intra-*stent* (CONDELLO *et al.*, 2023).

Mais recentemente, os *stents* de 3ª geração, como Synergy® XD, Onyx® e Orsiro®, incorporam polímeros biodegradáveis ou ausência total de polímero, espessura reduzida e rápida endotelização, permitindo encurtar a terapia antiplaquetária e diminuindo eventos adversos tardios, como evidenciado nos estudos SPIRIT II e DUTCH PEER (BRAMI *et al.*, 2023).

A trajetória da angioplastia coronária reflete avanços tecnológicos contínuos, desde o balão simples até os *stents* farmacológicos modernos,

com impacto direto na redução de complicações e melhora dos desfechos clínicos. A escolha do dispositivo deve ser individualizada, considerando a anatomia e o risco clínico do paciente.

Avanços na imagem intravascular: IVUS e OCT

Apesar da angiografia coronária ser o método padrão para guiar intervenção coronária percutânea, ela ainda possui múltiplas limitações, gerando, com isso, interesse em métodos de imagem para guiá-la. Métodos como o IVUS (*intracoronary imaging with intravascular ultrasound*) e o OCT (*optical coherence tomography*) apresentam melhores desfechos em pacientes ou lesões complexas (KUBO *et al.*, 2024).

A IVUS permite análise em tempo real da carga de placas coronarianas, dimensão luminal e adequada inserção de *stents*, com a vantagem de maior profundidade de penetração e dispensa de contraste, sendo útil em pacientes com disfunção renal. No entanto, sua resolução axial é limitada (cerca de 100–150 µm), o que pode dificultar a identificação de características morfológicas sutis da parede arterial ou de trombos intracoronários, além da dificuldade de acesso em vasos extremamente tortuosos (NAYAK, 2023).

A tomografia por coerência óptica (OCT), por sua vez, fornece imagens com resolução axial muito superior ao IVUS (10–20 µm), permitindo análise detalhada de estruturas como cápsula fibrosa, trombos e a interação entre *stents* e a parede arterial. Essa resolução torna a OCT mais sensível para detectar complicações como má aposição e possível cobertura incompleta de *stents*. Entretanto, a OCT possui menor penetração tecidual e requer injeção de contraste para deslocar o sangue da luz arterial durante a aquisição de imagens, o que pode representar uma limitação em alguns pacientes, de

nota aqueles com insuficiência renal conhecida (NAYAK, 2023).

De acordo com o ensaio clínico randomizado OCTIVUS, tanto IVUS quanto OCT demonstram eficácia semelhante na orientação da intervenção coronária percutânea (ICP), com resultados clínicos comparáveis em termos de eventos cardiovasculares maiores (infarto do miocárdio ou revascularização em um ano). Interessantemente, foi demonstrado que apesar de maior quantidade de contraste utilizada em pacientes submetidos ao OCT e menor tempo de intervenção, ambos OCT e IVUS tiveram uma incidência de injúria renal aguda similar. O estudo OCTIVUS, mostrou que a OCT não foi inferior ao IVUS em relação ao desfecho, além de apresentar menor taxa de complicações procedimentais. Esses achados reforçam que a escolha entre as modalidades deve ser individualizada, e destacam o confirmado benefício clínico de métodos de imagem intracoronariana em relação a angiografia de forma isolada.

Intervenções estruturais: terapia transvalvar percutânea

As doenças das válvulas cardíacas, como estenose aórtica e insuficiência mitral ou tricúspide, afetam mais de 40 milhões de pessoas globalmente. A terapia transvalvar percutânea tem emergido como uma alternativa minimamente invasiva eficaz, especialmente para pacientes com alto risco cirúrgico ou inoperáveis (DAVIDSON *et al.*, 2021).

A TAVI é amplamente empregada no tratamento da estenose aórtica grave e sintomática, independentemente do risco cirúrgico, utilizando válvulas balão-expansíveis ou autoexpansíveis. Essa abordagem tem demonstrado segurança e eficácia em grandes estudos clínicos (DAVIDSON *et al.*, 2021).

Paralelamente, a intervenção transcater da valva tricúspide tem se desenvolvido com dispositivos voltados para a coaptação (TriClip, PASCAL), anuloplastia (Cardioband), substituição valvar (Evoque, TricValve) e implante heterotópico (CAVI), todos avaliados positivamente em ensaios clínicos e com certificação CE (NING *et al.*, 2024). A imagem multimodal (ecocardiografia transtorácica, transesofágica, tomografia e ecocardiografia intracardiaca) é fundamental para o planejamento do procedimento (DAVIDSON *et al.*, 2021).

Na valva mitral, o reparo transcater borda a borda com dispositivos como o MitraClip e o PASCAL revolucionou o tratamento da insuficiência mitral funcional. O sistema Cardioband, por sua vez, permite anuloplastia percutânea direta, simulando a técnica cirúrgica tradicional, especialmente em casos de insuficiência mitral secundária (TABATA *et al.*, 2020; NING *et al.*, 2024).

Embora o reparo transcater mitral beneficie pacientes com insuficiência mitral e alto risco cirúrgico, ainda enfrenta limitações relacionadas à anatomia valvar, à complexidade técnica e aos custos elevados. Já a substituição mitral transcater exige dispositivos de maior calibre e traz risco aumentado de obstrução do trato de saída do ventrículo esquerdo, restringindo sua aplicação (OVERTCHOUK *et al.*, 2020).

As intervenções tricúspides transcater, embora promissoras, ainda estão em fase inicial de adoção clínica. Historicamente subestimada, a insuficiência tricúspide hoje é reconhecida como um fator importante na progressão dos sintomas e do mau prognóstico. Assim, o desenvolvimento de terapias transcater nessa valva exige rigorosa avaliação de eficácia, segurança e seleção criteriosa dos pacientes (OVERTCHOUK *et al.*, 2020).

Tratamento percutâneo da valva mitral

Para compreender o tratamento percutâneo da valva mitral (TPVM) como um todo, é necessário abordar anatomia e função mitral, fisiopatologia e definição, modalidades de tratamento percutâneo, indicação e resultados, evidência, tendências futuras e considerações especiais.

O tratamento percutâneo da valva mitral (TPVM) representa uma estratégia terapêutica minimamente invasiva indicada principalmente para pacientes com insuficiência mitral (IM) e alto risco cirúrgico. A IM pode ser primária (degenerativa), causada por alterações estruturais dos folhetos mitrais, ou secundária (funcional), associada à disfunção e dilatação do ventrículo esquerdo (SALIK *et al.*, 2024).

As abordagens percutâneas incluem: anuloplastia (direta e indireta), dispositivos de coaptação dos folhetos, reparo do aparelho subvalvar (cordas tendíneas) e substituição valvar transcaterter (TMVR). Na anuloplastia direta, destacam-se os dispositivos Cardioband™ e Millipede IRIS™; já na anuloplastia indireta, os sistemas Carillon® e ARTO™ se mostraram seguros e eficazes na redução da regurgitação mitral, como evidenciado nos estudos TITAN II e MAVERIC, respectivamente.

O MitraClip™ e o sistema PASCAL™, inspirados na técnica cirúrgica de Alfieri, são os principais dispositivos utilizados para coaptação dos folhetos. O estudo CLASP demonstrou alta taxa de sucesso técnico (96%) com o PASCAL, além de melhora funcional e estabilidade hemodinâmica sustentada por até dois anos (LIM *et al.*, 2022). O MitraClip™ também mostrou benefícios clínicos significativos em pacientes com IM secundária sintomática no estudo COAPT, reduzindo hospitalizações e aumentando a sobrevida em comparação ao tratamento clínico isolado (STONE *et al.*, 2018; MACK *et al.*, 2021). Por outro lado, o estudo

MITRA-FR não encontrou os mesmos resultados, ressaltando a importância da seleção criteriosa de pacientes.

O reparo subvalvar com o dispositivo NeoChord™ mostrou eficácia no tratamento de prolapso mitral (Carpentier tipo II), com redução da IM em 86,7% dos pacientes no estudo TACT. Já a substituição transcaterter da valva mitral (TMVR), indicada para casos complexos ou com anatomia desfavorável ao reparo, demonstrou resultados promissores no registro europeu TENDER. O dispositivo Tendyne™ alcançou sucesso técnico em 95% dos casos, com melhora funcional sustentada e eliminação da regurgitação mitral em 98% dos pacientes após um ano de seguimento (NING *et al.*, 2024).

O avanço tecnológico tem impulsionado o TPVM para além dos pacientes inoperáveis. Entre as tendências, destacam-se a miniaturização dos dispositivos, a integração com imagem em tempo real e a inteligência artificial, além do desenvolvimento de plataformas híbridas. Ensaios clínicos comparativos como REPAIR MR, SUMMIT e ENCIRCLE deverão redefinir o papel do TPVM frente à cirurgia convencional.

Apesar dos avanços, o TPVM exige avaliação individualizada por equipe multidisciplinar especializada (Heart Team), considerando a anatomia mitral, função ventricular, risco de obstrução da via de saída do ventrículo esquerdo e comorbidades. A centralização dos procedimentos em centros de excelência é essencial para garantir resultados clínicos e hemodinâmicos favoráveis (OVERTCHOUK *et al.*, 2020).

Avanços em dispositivos de suporte circulatório

Os avanços no suporte circulatório mecânico (SCM) ampliaram significativamente as

opções terapêuticas para pacientes com insuficiência cardíaca (IC) avançada. A escassez crônica de doadores e o número crescente de pacientes inelegíveis para transplante cardíaco impulsionaram o desenvolvimento desses dispositivos (VIEIRA *et al.*, 2020). Atualmente, os dispositivos de SCM podem ser implantados por via percutânea ou cirúrgica, oferecendo suporte ao ventrículo esquerdo (VE), direito (VD) ou a ambos. São classificados conforme a câmara cardíaca assistida, localização anatômica, mecanismo de propulsão e duração do suporte — temporário (dias a semanas) ou prolongado (meses a anos) (BELFORT *et al.*, 2023).

Dispositivos temporários de assistência circulatória mecânica são indicados em cenários de choque cardiogênico grave (INTERMACS 1-2) e têm como principais indicações a ponte para decisão, ponte para transplante e suporte em casos potencialmente reversíveis (BELFORT *et al.*, 2023).

O balão intra-aórtico (BIA) é amplamente utilizado no Brasil. Atua por contrapulsão, com modesto ganho hemodinâmico (0,5–1 L/min), sendo contraindicado na insuficiência aórtica. Não demonstrou benefício em mortalidade em contextos de choque pós-infarto (MEHTA *et al.*, 2024).

O ECMO venoarterial (ECMO-VA) fornece suporte circulatório e respiratório. Apesar de eficaz na restauração da perfusão, pode aumentar a pós-carga do VE. É contraindicado em dissecação de aorta, insuficiência aórtica e em casos que impedem anticoagulação (VIEIRA *et al.*, 2020).

O Impella™ (2.5, CP, 5.0, 5.5) funciona por meio de uma bomba axial implantada via artéria femoral e reduz a pressão no VE e melhora a perfusão coronariana. Os modelos variam em débito (2,5 a 6,2 L/min). Complicações incluem hemólise, sangramento e isquemia de membro.

Ainda não há evidência clara de redução de mortalidade (BENNETT *et al.*, 2023).

O TandemHeart™ possui um mecanismo de funcionamento que retira o sangue do átrio esquerdo e o devolve à artéria femoral. Oferece até 4 L/min, com desempenho superior ao BIA, mas maior taxa de complicações (VLACHAKIS *et al.*, 2024).

Dispositivos para VD (Impella RP™ e ProtekDuo™) são utilizados em falência do VD, primária ou após implante de LVAD. Ambos oferecem débito de até 4 L/min e compartilham complicações relacionadas ao acesso venoso (VLACHAKIS *et al.*, 2024). O ProtekDuo™ permite a mobilização precoce e a retirada sem cirurgia. O Impella RP™ ainda não está disponível no Brasil (BELFORT *et al.*, 2023).

Os dispositivos de longa permanência sofreram avanços significativos, tornando-se mais compactos, silenciosos e menos trombogênicos. O LVAD (*left ventricular assist device*), como o HeartMate 3, opera com fluxo contínuo e é indicado como ponte para transplante ou terapia de destino. Apresenta menor risco de trombose e melhor durabilidade. RVAD, BiVAD e coração artificial total (TAH) são indicados em falência isolada do VD ou biventricular. São menos utilizados e geralmente empregados como ponte para transplante ou recuperação (BELFORT *et al.*, 2023).

A escolha do dispositivo adequado depende do perfil INTERMACS, necessidade de suporte uni ou biventricular, tempo de uso estimado, contraindicações e recursos disponíveis. O uso de cateter de artéria pulmonar é recomendado para guiar a decisão de forma individualizada (BARAN *et al.*, 2022).

Como considerações finais, cabe salientar que, o suporte circulatório mecânico representa uma alternativa terapêutica essencial para pacientes em choque cardiogênico ou com IC refratária. Embora os avanços tecnológicos tenham

melhorado a segurança e eficácia desses dispositivos, ainda há necessidade de estudos clínicos robustos que demonstrem benefícios em desfechos clínicos, especialmente nos dispositivos percutâneos. Avaliações de custo-efetividade e disponibilidade regional também são fundamentais para sua aplicação no sistema de saúde pública e suplementar.

Tratamento percutâneo de oclusões totais crônicas

O tratamento percutâneo das oclusões totais crônicas (CTO) representa um dos maiores avanços recentes da cardiologia intervencionista, refletindo significativa evolução técnica e tecnológica. As CTOs são definidas como obstruções completas da artéria coronária com fluxo TIMI 0 e duração estimada superior a três meses. Historicamente, esse tipo de lesão era considerado de difícil abordagem, com altas taxas de insucesso. No entanto, o desenvolvimento de fios-guia especializados, microcateteres de suporte e dispositivos de reentrada mudou esse cenário, elevando a taxa de sucesso técnico em centros especializados para mais de 85% (BRILAKIS *et al.*, 2020; CUI *et al.*, 2021).

Diversas estratégias técnicas são atualmente empregadas no tratamento percutâneo das CTOs, incluindo abordagens anterógradas convencionais, anterógradas com dissecção e reentrada, e retrógradas. A escolha da técnica depende da anatomia da oclusão e da experiência da equipe. Estudos mostram que a utilização da via retrógrada, por exemplo, pode aumentar o sucesso em lesões complexas e previamente fracassadas (SIMSEK; KOSTANTINIS *et al.*, 2022; MEGALY *et al.*, 2022). O uso racional de múltiplas abordagens, com alternância intra-operatória, tem sido recomendado para otimizar os resultados e reduzir complicações.

A incorporação de métodos de imagem intravascular, como o IVUS e a tomografia de coronárias (CT-coronária), tem sido fundamental para guiar a escolha da estratégia e garantir a adequada colocação dos dispositivos. Essas ferramentas permitem uma visualização precisa da placa aterosclerótica, do lúmen verdadeiro e dos pontos de reentrada, reduzindo significativamente a chance de perfuração coronariana e outras complicações (HONG *et al.*, 2021; SCHUMACHER *et al.*, 2024). Além disso, a avaliação pré-procedimento com CT pode prever a complexidade e melhorar a tomada de decisão.

Os desfechos clínicos após a revascularização de CTOs têm sido progressivamente mais favoráveis, especialmente em pacientes com isquemia significativa e miocárdio viável. Estudos apontam benefícios em termos de alívio da angina, melhora da função ventricular e aumento da capacidade funcional, além de possível redução da mortalidade em subgrupos específicos (LATIF *et al.*, 2022; ALMARZOOQ *et al.*, 2023). A recanalização bem-sucedida também pode facilitar a interrupção de múltiplos antianginosos, melhorando a qualidade de vida dos pacientes.

Recentemente, a aplicação de modelos de inteligência artificial e aprendizado de máquina tem sido investigada para prever o sucesso técnico e clínico do CTO-PCI. Esses algoritmos utilizam variáveis clínicas, angiográficas e de imagem para estimar a probabilidade de sucesso, contribuindo para uma abordagem mais personalizada e baseada em evidências (REMPAKOS *et al.*, 2024; NAKACHI *et al.*, 2023). Isso representa uma nova fronteira no planejamento estratégico e na segurança dos procedimentos.

Por fim, revisões sistemáticas e metanálises vêm consolidando a eficácia do CTO-PCI. Da-

dos recentes demonstram que, quando comparado à terapêutica médica isolada, o procedimento está associado a melhores desfechos em eventos cardiovasculares maiores (MACE), mortalidade por todas as causas e mortalidade cardiovascular, especialmente quando realizado com sucesso técnico (CHENMIN *et al.*, 2021; BRILAKIS *et al.*, 2025). Dessa forma, o tratamento percutâneo das CTOs reafirma seu papel central no manejo de pacientes com doença arterial coronariana complexa.

Novas abordagens em intervenções periféricas e carótidas

A aterosclerose relaciona-se com várias doenças cardiovasculares, como a doença arterial carótida e a doença arterial periférica. A aterosclerose é uma doença inflamatória crônica de origem multifatorial, relacionada à disfunção endotelial, em que haverá ao espessamento das artérias devido à formação de placas formadas por colesterol, ácidos graxos, cálcio e outros elementos, que leva à ativação de respostas imunes e inflamatórias (MILET *et al.*, 2025). Isto pode levar a um acidente vascular encefálico isquêmico, por exemplo, caso ocorra o bloqueio do fluxo sanguíneo na região das artérias carótidas, visto que estas são importantes para o fornecimento de sangue arterial no cérebro.

Classicamente o tratamento cirúrgico da estenose carótida é realizado por meio da endarterectomia, que consiste em um procedimento aberto, convencionalmente realizado através de uma incisão longitudinal iniciada na artéria carótida comum, chegando até a carótida interna. Assim, depois da incisão de abertura, inicia-se a retirada da placa de ateroma.

Posteriormente, surgiu como opção a cirurgia aberta, chamada angioplastia carótida, por volta da década de 1960, sendo, portanto, um método menos invasivo do que a endarterecto-

mia. Esse procedimento normalmente é realizado através de um acesso na artéria femoral. Ao chegar ao local da lesão, utiliza-se *stents* sobre a lesão. Em seguida, realiza-se angioplastia com balão para reparo de estenoses residuais (OLIVEIRA, 2023).

Entretanto, ainda hoje, apesar do uso da angioplastia com *stents* ser menos invasiva e, dessa forma, levar a uma recuperação mais rápida e com menor tempo de internação do paciente, a endarterectomia ainda é realizada, especialmente em casos mais graves e de maior comprometimento arterial. Estudos revelam que o AVE se relaciona a um dos riscos mais importantes na angioplastia, tanto no perioperatório quanto a longo prazo, se comparado a endarterectomia. Em contrapartida, com a realização do procedimento aberto, há maior risco de infarto agudo do miocárdio e lesão de nervos cranianos.

Dessa maneira, torna-se importante a avaliação individual de cada caso para decidir qual a melhor opção terapêutica, assim como é importante manter-se atualizado às inovações terapêuticas, já que são pesquisados novos materiais para compor *stents*, por exemplo, que poderão reduzir os riscos existentes. Entretanto, até o presente momento, é importante ponderar acerca da idade do paciente e seus sintomas (NUNES, 2024).

Por fim, surgiu no meio médico, recentemente, a técnica denominada revascularização da artéria transcarótida (TCAR), sendo essa uma nova forma de abordagem para o implante de *stent* carotídeo, especialmente para aqueles indivíduos de alto risco. Desta maneira, essa técnica apresenta menor risco de acidente vascular encefálico ou morte em comparação com métodos anteriores, o que aparentemente ocorre porque há efeitos neuroprotetores devido à reversão do fluxo realizado durante o procedimento (VASCONCELOS *et al.*, 2024).

Em relação às intervenções periféricas, que estão relacionadas à doença arterial periférica, nas últimas décadas houve grande melhoria, com abordagens minimamente invasivas, sendo que atualmente as técnicas mais utilizadas incluem angioplastia com balão, implante de *stents*, aterectomia e, mais recentemente, uso de balões e *stents* com fármacos. A aterectomia atua removendo de maneira mecânica a placa aterosclerótica, útil em lesões calcificadas, melhorando a permeabilidade do vaso, mas com maior risco de complicações (GUEDES FILHO *et al.*, 2024).

Dessa forma, como citado anteriormente, nas angioplastias dos últimos anos houve a inovação médica com os *stents* farmacológicos, que atuam liberando fármaco para agir localmente, tratando as lesões coronárias, a fim de levar a menor reestenose intra-*stent*; no entanto, notou-se que ainda há complicações, como a trombose tardia do *stent* e reestenose. Assim, de maneira semelhante, foram criados os balões farmacológicos, com a proposta de eliminar a trombose relacionada ao *stent* e levar a menores taxas de reestenose, liberando medicação local, ou seja, de maneira semelhante ao *stent* farmacológico e com a ação já conhecida do balão (DASH *et al.*, 2020).

Por fim, mais recentemente houve outra inovação, chamada de litotripsia intravascular, técnica que usa ondas de choque para realizar fratura de calcificações intraluminais, o que facilita a expansão do vaso. Destaca-se, no entanto, a necessidade de avaliação individual de cada caso, visto que podem ser realizadas combinações de técnicas com a finalidade de uma melhor resposta do paciente, já que há diferentes tipos de lesões, diferentes estados clínicos dos indivíduos e, inclusive, a preparação da equipe tem que estar de acordo com a técnica preconizada (GUEDES FILHO *et al.*, 2024).

Redução de eventos e mortalidade com terapias guiadas por FFR e iFR

A reserva de fluxo fracionada (FFR) é uma técnica invasiva que avalia a gravidade funcional de estenoses coronarianas, medindo a diferença de pressão entre a porção proximal e distal da obstrução arterial durante hiperemia farmacológica (JATENE *et al.*, 2022; PRAVDA & KORNOWSKI, 2020). Por depender apenas de pressões e não de variáveis como frequência cardíaca ou status da microcirculação, a FFR fornece uma avaliação precisa do fluxo coronariano (JATENE *et al.*, 2022). Valores de FFR < 0,75 indicam isquemia, enquanto valores > 0,80 excluem estenoses significativas.

Já o índice iFR (*instantaneous wave-free ratio*) é uma técnica semelhante, porém não requer hiperemia. A medição ocorre durante a diástole, período de menor resistência vascular, refletindo a razão de pressões coronarianas em repouso (JATENE *et al.*, 2022; PRAVDA & KORNOWSKI, 2020). Um iFR < 0,89 é equivalente a uma FFR < 0,80, com boa acurácia diagnóstica.

Essas técnicas têm sido estudadas em diferentes contextos clínicos. Na fibrilação atrial (FA), a FFR mostra-se mais confiável do que o iFR para avaliar lesões coronarianas, especialmente pela menor variabilidade e maior reprodutibilidade em comparação ao ritmo sinusal (BENTEA *et al.*, 2022). Em pacientes obesos, a FFR pode ser menos eficaz com a adenosina intravenosa, sendo recomendada a administração intracoronária direta para melhor resposta hiperêmica (STEINBERGER *et al.*, 2022).

Na doença arterial coronariana (DAC), a FFR é consagrada como padrão para guiar revascularizações, embora apresente limitações em lesões no tronco da coronária esquerda (LM). Por outro lado, o iFR tem sido considerado seguro nesse contexto, com desfechos semelhantes aos da FFR (WARISAWA *et al.*,

2020). Em especial, a revascularização adiada com base na FFR tem sido associada à menor mortalidade (SATTAR *et al.*, 2024).

A combinação de FFR com a reserva de fluxo miocárdico (MFR) tem sido proposta para melhor entendimento da fisiopatologia coronariana e individualização terapêutica (FERNANDES *et al.*, 2020). Tecnologias emergentes, como a FFRangio (derivada de angiografia), permitem avaliação funcional menos invasiva, rápida e mais acessível, contribuindo para reduzir eventos e mortalidade (PRAVDA & KORNOWSKI, 2020).

Nas síndromes coronarianas crônicas, FFR e iFR reduzem a necessidade de revascularização subsequente (GIACOBBE *et al.*, 2025). No entanto, estudos mostram que a revascularização guiada por iFR pode estar associada a aumento da mortalidade por todas as causas em comparação com a guiada por FFR (EFTEKHARI *et al.*, 2023). Ainda assim, diretrizes atuais recomendam ambas para orientar decisões de revascularização, baseando-se em desfechos compostos como morte, infarto e revascularização urgente em até 12 meses (BERRY *et al.*, 2023).

No contexto de síndrome coronariana aguda (SCA) e doença multiarterial, a intervenção coronária percutânea (ICP) guiada por FFR demonstrou reduzir mortalidade, eventos adversos maiores (MACE) e necessidade de revascularizações repetidas, em comparação à ICP guiada apenas por angiografia (FAME Trial). O iFR também é recomendado para avaliação de estenoses intermediárias nas diretrizes europeias e americanas (GANZORIG *et al.*, 2024).

Estudos como os de Götberg *et al.* (2021) mostram que a utilização de FFR ou iFR em pacientes com SCA ou DAC crônica não está associada à maior mortalidade, infarto ou revascularização não planejada em 5 anos. Ambas as

técnicas auxiliam na identificação de lesões fisiologicamente significativas, otimizando os resultados da ICP (DRESCHER & RAO, 2020).

A superioridade da FFR frente ao tratamento clínico isolado foi demonstrada em diversos estudos, com redução de mortalidade em até 3 anos (BOECKLING *et al.*, 2024). O estudo ADVANCE FFR-CT mostrou menor incidência de eventos cardiovasculares, menor necessidade de revascularização e menor ocorrência de MACE em pacientes com FFR-CT negativa (PATEL *et al.*, 2020).

CONCLUSÃO

Ao observar a evolução da cardiologia intervencionista nas últimas décadas, torna-se evidente o quanto essa especialidade transformou o cuidado cardiovascular e evoluiu de forma surpreendente, trazendo ao leito do paciente soluções antes inimagináveis. Esse aperfeiçoamento acentuou o manejo das doenças cardiovasculares, integrando inovações tecnológicas, aprimoramentos de técnicas e robusto embasamento científico. Na angioplastia coronária, a evolução do balão simples aos *stents* metálicos e, subsequente, as gerações sucessivas de *drug-eluting stents* e *stents* bioabsorvíveis, reduziram de maneira eficiente as taxas de reestenose e de trombose tardia, ao mesmo tempo que a personalização e individualização da duração da dupla terapia antiplaquetária potencializa o equilíbrio entre eficácia e segurança.

Paralelamente, a integração de métodos de imagem intravascular como IVUS e OCT eleva a precisão diagnóstico-terapêutica, permitindo guiar cada *stent* com precisão milimétrica, potencializando a redução de complicações procedimentais e elevando ainda mais nosso olhar clínico.

Nas valvopatias, a utilização do TAVI para perfis de risco intermediário e baixo, bem como

os avanços em reparos mitral e tricúspide por cateter, expandiu imensamente as opções para quem antes não tinha alternativa cirúrgica. A chegada da robótica e da inteligência artificial, por sua vez, vem redesenhando e ampliando toda a logística dos procedimentos, incluindo a capacidade de padronização e previsibilidade, embora ainda careçamos de mais pesquisas e centros especializados. No suporte mecânico, dispositivos como Impella e ECMO-VA tornaram-se verdadeiras pontes de esperança em casos de choque cardiogênico, enquanto LVADs de última geração oferecem qualidade de vida e longevidade a pacientes com insuficiência avançada. O tratamento das oclusões totais crônicas, com taxa de sucesso acima de 85% em centros de referência, e as novas abordagens carotídeas e periféricas (TCAR, litotripsia) demonstram o quanto a intervenção vascular vem se democratizando e se tornando mais segura. Por fim, a introdução de métodos funcionais (FFR, iFR e, em breve, FFRangio) redefiniu quando e como revascularizamos, reduzindo eventos adversos e otimizando o uso de *stents*.

Esse é apenas o início da jornada e, para que tudo isso chegue de fato a cada paciente, será necessário aprimorar mais a seleção de casos, identificando quem realmente se beneficiará de cada tecnologia; refinar os protocolos antiplaquetários, equilibrando melhor eficácia e segurança; avaliar custo-benefício de forma rigorosa, assegurando assim que inovações se tornem acessíveis a populações diversas; fomentar estudos multicêntricos realizando colaborações, para solidificar evidências em larga escala; investir na capacitação contínua de equipes multidisciplinares, para garantir o olhar humano e técnico constantemente aguçado; superar barreiras de acesso logísticas, financeiras ou regionais, tornando tratamentos de ponta verdadeiramente equitativos.

Procedimentos que antes pareciam utópicos tornaram-se parte da prática clínica diária, alicerçados por avanços tecnológicos, refinamento das técnicas e fortalecimento do embasamento científico, com um cuidado cada vez mais próximo do paciente, justo e transformador para a saúde cardiovascular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN COLLEGE OF CARDIOLOGY - ACC; AMERICAN HEART ASSOCIATION - AHA; SOCIETY FOR CARDIOVASCULAR ANGIOGRAPHY AND INTERVENTIONS - SCAI. 2021 Guideline for coronary artery revascularization: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 79, n. 2, e21, 2022.
- BELFORT, D.S.P. *et al.* Dispositivos de suporte circulatório na insuficiência cardíaca aguda: quais e quando? *ABC Heart Failure Cardiomyopathy*, v. 3, 2023. doi: 10.36660/abchf.20230089.
- BENNETT, S. *et al.* Update on mechanical circulatory support. *Anesthesiology Clinics*, v. 41, p. 79, 2023. doi: 10.1016/j.anclin.2022.08.019.
- BENTEA, G.P. *et al.* Reliability of fractional flow reserve and instantaneous wave-free ratio in assessing Intermediate coronary stenosis in patients with atrial fibrillation. *The American Journal of Cardiology*, v. 162, p. 105, 2022. doi: 10.1016/j.amjcard.2021.09.028.
- BERRY, C. *et al.* Coronary revascularization guided by instantaneous wave-free ratio compared with fractional flow reserve: pooled 5-year mortality in the DEFINE-FLAIR And Ifr-SWEDEHEART trials. *European Heart Journal*, v. 44, p. 4388, 2023. doi: 10.1093/eurheartj/ehad552.
- BRAMI, P. *et al.* Evolution of coronary stent platforms: a brief overview of currently used drug-eluting stents. *Journal of Clinical Medicine*, v. 12, p. 736, 2023. doi: 10.3390/jcm12216711.
- BRILAKIS, E. S. *et al.* Percutaneous coronary intervention for chronic total occlusion. Radcliffe, 2020.
- CASTRO, P. *et al.* Inteligência artificial e robótica na cardiologia intervencionista: aplicações e desafios. *Revista de Tecnologia Médica*, v. 8, p. 78, 2025.
- CHENMIN, C. *et al.* Long-term outcomes of chronic total occlusion percutaneous coronary intervention among elderly (≥ 75 yrs). *Clinical Cardiology*, 2021.
- CONDELLO, F. *et al.* Stent thrombosis and restenosis with contemporary drug-eluting stents: predictors and current evidence. *Journal of Clinical Medicine*, v. 12, 2023. doi: 10.3390/jcm12031238.
- COSTANTINI, C.R. *et al.* A evolução da angioplastia transluminal coronariana na América Latina. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 116, 2021. doi: 10.36660/abc.20200927.
- CUI, C.M. *et al.* Outcomes of percutaneous coronary intervention for chronic total occlusions in the elderly: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Cardiology*, v. 44, p. 27, 2021. doi: 10.1002/clc.23524.
- DASH, D. *et al.* O balão farmacológico como alternativa para trombose tardia do stent: revisão de literatura. *Journal of Transcatheter Cardiovascular Interventions*, v. 28, eA202012, 2020. doi: 10.31160/JOTCI202028A202012.
- DAVIDSON, L.J. & DAVIDSON, C.J. Tratamento transcater da valvopatia cardíaca: uma revisão. *JAMA*, v. 325, p. 2480, 2021. doi: 10.1001/jama.2021.2133.
- DRESCHER, C. & RAO, S.V. The state of percutaneous intervention in stable coronary artery disease. *Current Atherosclerosis Reports*, v. 22, p. 42, 2020. doi: 10.1007/s11883-020-00859-3.
- EFTEKHARI, A. *et al.* Instantaneous wave free ratio vs. fractional flow reserve and 5-year mortality: iFR SWEDEHEART and DEFINE FLAIR. *European Heart Journal*, v. 44, p. 4376, 2023. doi: 10.1093/eurheartj/ehad582.
- FERNANDES, J. *et al.* Quantificação do fluxo sanguíneo miocárdico por tomografia por emissão de positrões – Atualização. *Revista Portuguesa de Cardiologia*, v. 39, p. 37, 2020. doi: 10.1016/j.repc.2019.05.014.
- GANZORIG, N. *et al.* Role of physiology in the management of multivessel disease among patients with acute coronary syndrome. *Asia Intervention*, v. 10, p. 157, 2024. doi: 10.4244/AIJ-D-24-00051.
- GIACOBBE, F. *et al.* Anatomic vs. ischemia-driven strategies for percutaneous coronary revascularization in chronic coronary syndrome: a network meta-analysis. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, v. 105, p. 761, 2025. doi: 10.1002/ccd.31331.
- GÖTBERG, M. *et al.* 5-year outcomes of PCI guided by measurement of instantaneous wave-free ratio versus fractional flow reserve. *Journal of the American College of Cardiology* v. 79, 2022. doi: 10.1016/j.jacc.2021.12.030.
- GRÜNTZIG, A. *et al.* Transluminal dilatation of coronary artery stenosis. *Lancet*, v. 1, p. 263, 1979. doi: 10.1016/S0140-6736(78)93000-3.
- GUEDES FILHO, L.A. *et al.* Oclusão arterial periférica: novas perspectivas e o impacto da aterosclerose. *Brazilian Journal of Medical and Health Sciences*, v. 7, 2024. doi: 10.34119/bjhrv7n3-463.

- HONG, S.J. *et al.* Effect of coronary CTA on chronic total occlusion percutaneous coronary intervention: a randomized trial. *JACC: Cardiovascular Imaging*, v. 14, p. 1993, 2021. doi: 10.1016/j.jcmg.2021.04.013.
- JATENE, I.B. *et al.* Tratado de cardiologia SOCESP. 5. ed. São Paulo: Manole, 2022.
- LATIF, A. *et al.* Impact of diabetes mellitus on outcomes of percutaneous coronary intervention in chronic total occlusions: a systematic review and meta-analysis. *Cardiovascular Revascularization Medicine*, v. 37, p. 68, 2022.
- LEON, M.B. *et al.* Transcatheter aortic-valve replacement in low-risk patients. *New England Journal of Medicine*, v. 388, 2023. doi: 10.1056/NEJMoa2307447.
- LOPES, R.D. *et al.* Drug-eluting stents in contemporary practice: evidence and outcomes. *American Heart Journal*, v. 232, p. 67, 2021. doi: 10.1002/ccd.28462.
- MEGALY, M. *et al.* Outcomes of successful vs. failed contemporary chronic total occlusion percutaneous coronary intervention. *Cardiovascular Intervention and Therapeutics*, v. 37, p. 483, 2022. doi: 10.1007/s12928-021-00819-x.
- MEHTA, A. *et al.* Contemporary approach to cardiogenic shock care: a state-of-the-art review. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, v. 11, 2024. doi: 10.3389/fcvm.2024.1354158.
- MILET, A.C. *et al.* Abordagem da doença arterial obstrutiva periférica. In: MILET, A.C. *et al.* coordenadores. E-book de residências em cirurgia vascular e endovascular. São José do Rio Preto: Epitaya, 2025.
- NAKACHI, T. *et al.* Machine learning for prediction of technical results of PCI for CTO. *Journal of Clinical Medicine*, v. 12, 2023. doi: 10.3390/jcm12103354.
- NAYAK, K.R. Intravascular ultrasound. *StatPearls*, 2023.
- NING, X. *et al.* Intervenções transcater da válvula tricúspide: dispositivos atuais e evidências clínicas. *Journal of Cardiology*, v. 84, p. 73, 2024. doi: 10.1016/j.jjcc.2024.04.001.
- NUNES, Y.A. *et al.* Estenose carotídea e oclusão arterial periférica: abordagem cirúrgica e endovascular. *Brazilian Journal of Health Review*, v. 7, e74917, 2024. doi: 10.34119/bjhrv7n10-038.
- OLIVEIRA, T.F. Análise comparativa entre endarterectomia carotídea e angioplastia com stent em pacientes com estenose carotídea [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2023.
- OVERTCHOUK, P. *et al.* Avanços nas terapias transcater mitral e tricúspide. *BMC Cardiovascular Disorders*, v. 20, 2020. doi: 10.1186/S12872-019-01312-3.
- PATEL MR *et al.* 1-year impact on medical practice and clinical outcomes of FFRCT: the ADVANCE registry. *JACC Cardiovascular Imaging*, v. 13, p. 97, 2020. doi: 10.1016/j.jcmg.2019.03.003.
- PELLEGRINI, D. *et al.* Avaliação prognóstica da reserva de fluxo fracionada em diferentes estratos nos pacientes com doença arterial coronariana. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, São Paulo, v. 120, e20211051, 2023.
- PRAVDA, N.S. & KORNOWSKI, R. Coronary stenosis physiology and novel technologies. *Rambam Maimonides Medical Journal*, v. 11, e0012, 2020. doi: 10.5041/RMMJ.10398.
- REMPAKOS, A. *et al.* Predicting successful CTO crossing with primary antegrade wiring using machine learning. *JACC: Cardiovascular Interventions*, v. 17, p. 1707, 2024. doi: 10.1016/j.jcin.2024.04.043.
- SÁ, L.F.R. *et al.* Quando a mágica acontece: stents bioabsorvíveis no combate à doença arterial coronariana. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, v. 6, p. 3072, 2024. doi: 10.36557/2674-8169.2024v6n9p3072-3087.
- SALIK, I. *et al.* Reparo da válvula mitral. *StatPearls*, 5 out. 2024.
- SATTAR, Y. *et al.* TCT-557 hemodynamic physiological assessment (FRR/iFR) guided revascularization in left main vs defer revascularization for moderate disease of left main: a meta-analysis of up-to-date evidence. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 84, p. B202, 2024. doi: 10.1016/j.jacc.2024.09.666.
- SCHUMACHER, S.P. *et al.* A systematic review and meta-analysis of short- and long-term outcomes of antegrade vs retrograde CTO-PCI. *International Journal of Cardiology*, 2024.
- SIMSEK, B. *et al.* A systematic review and meta-analysis of clinical outcomes of patients undergoing chronic total occlusion percutaneous coronary intervention. *Journal of Invasive Cardiology*, v. 34, e763, 2022. doi: 10.25270/jic/22.00119.
- STEINBERGER, J. *et al.* Obesity and FFR: troubleshooting unexpected results in the cardiac cath lab. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 79, p. 2818, 2022. doi: 10.1016/S0735-1097(22)03809-8.
- STEVENS, J.R. *et al.* Critical evaluation of stents in coronary angioplasty: a systematic review. *BioMedical Engineering OnLine*, v. 21, 2022. doi: 10.1186/s12938-021-00883-7.

STONE, G.W. *et al.* Everolimus-eluting versus paclitaxel-eluting stents in coronary artery disease. *New England Journal of Medicine*, v. 382, p. 513, 2020. doi: 10.1056/NEJMoa0910496.

TABATA, N. *et al.* Intervenções percutâneas para as valvopatias mitrais e tricúspide. *Cardiovascular Intervention and Therapeutics*, v. 35, p. 62, 2020. doi: 10.1007/S12928-019-00610-Z.

VASCONCELOS, A.L.M. Avanços no tratamento de estenose carotídea: uma revisão [trabalho de conclusão de curso]. Parnaíba: Universidade Federal do Delta do Parnaíba, 2024.

VLACHAKIS, P.K. *et al.* Ponte para a vida: panorama atual do suporte circulatório mecânico temporário em choque cardiogênico relacionado à insuficiência cardíaca. *Journal of Clinical Medicine*, v. 13, 2024. doi: 10.3390/jcm13144120.

WARISAWA, T. *et al.* Safety of revascularization deferral of left main stenosis based on instantaneous wave-free ratio evaluation. *JACC: Cardiovascular Interventions*, v. 27, p. 1655, 2020. doi: 10.1016/j.jcin.2020.02.035.

CARDIOLOGIA

TEORIA E PRÁTICA

EDIÇÃO XXII

Capítulo 9



DISPOSITIVOS VESTÍVEIS E BIOSSENSORES NO MANEJO DA INSUFICIÊNCIA CARDÍACA: AVANÇOS E DESAFIOS

AMANDA NUNES MARQUES FIRME¹
ANNA LUIZA DA CUNHA SOUTO²
LARA BARRA FIGUEIREDO²
MARIA CLARA ADERNE DUARTE¹
MÁRIO JOSÉ FERRAZ DE OLIVEIRA NETO²

1. Discente – Medicina na Escola Superior de Ciências da Santa Casa de Misericórdia de Vitória (EMESCAM).
2. Discente – Medicina na Universidade Vila Velha (UVV).

Palavras-chave
Insuficiência Cardíaca; Wearables; Biossensores.

DOI

10.59290/5529260009

EP EDITORA
PASTEUR

INTRODUÇÃO

A insuficiência cardíaca (IC) é uma síndrome clínica complexa, resultante de anormalidades estruturais ou funcionais do coração que comprometem sua capacidade de enchimento ou ejeção de sangue. Pode ser classificada de diferentes formas, seja pela duração (aguda ou crônica), pelas condições hemodinâmicas, pelas manifestações clínicas ou pela fração de ejeção ventricular, sendo frequentemente associada à hipertensão arterial sistêmica, valvopatias e doença arterial coronariana. Trata-se de uma condição prevalente, responsável por altas taxas de morbimortalidade e significativo impacto socioeconômico.

Segundo Bocchi (2016), no Brasil, a IC é responsável por aproximadamente 300 mil internações anuais, ocupando o primeiro lugar entre as causas de internação por doenças cardiovasculares no Sistema Único de Saúde (SUS) e gerando elevado custo ao sistema público de saúde.

Nos últimos anos, dispositivos vestíveis (*wearables*) e biossensores têm se destacado no cenário clínico por permitirem o monitoramento contínuo e não invasivo de diversos parâmetros fisiológicos, como frequência cardíaca, pressão arterial, oximetria de pulso, dentre outros. Esses dispositivos tornaram-se mais acessíveis à população, incluindo diferentes classes socioeconômicas, e apresentam formatos variados, como relógios inteligentes, pulseiras, anéis e sensores específicos.

O uso de *wearables* e biossensores na IC possibilita a detecção precoce de sinais de descompensação, facilita o acompanhamento remoto por profissionais de saúde e contribui para intervenções oportunas. Dessa forma, representa uma estratégia promissora para otimizar o manejo clínico, melhorar a qualidade de vida dos pacientes e reduzir hospitalizações. Apesar

do crescente uso desses dispositivos, ainda há lacunas quanto à sua efetividade no manejo clínico e no impacto sobre desfechos clínicos na IC, o que justifica a realização do presente estudo.

MÉTODO

Este trabalho consiste em uma revisão sistematizada da literatura, elaborada com o intuito de reunir e analisar publicações científicas que abordassem o uso de dispositivos vestíveis (*wearables*) e biossensores em pacientes com insuficiência cardíaca. A busca pelos artigos foi realizada na base de dados PubMed, uma das principais fontes de informação científica da área da saúde, considerando o período de junho de 2020 a junho de 2025.

Para definir a estratégia de busca, foram utilizados os termos em inglês “*Wearables*”, “*Biosensors*” e “*Heart Failure*”, combinados com o operador booleano AND, a fim de refinar os resultados para estudos que relacionassem simultaneamente esses três temas. Foram considerados elegíveis os artigos originais completos, disponíveis gratuitamente em texto completo, escritos em inglês e com relação direta ao tema proposto. A escolha dos estudos foi feita com base na leitura dos títulos e resumos, e, quando necessário, foi feita a leitura do texto completo para confirmar se o estudo atendia aos critérios.

Foram excluídos os trabalhos que se encontravam em andamento, ou que não apresentavam resultados concretos. Para cada estudo incluído, foram observados dados como o tipo de estudo, a população incluída, as características dos dispositivos utilizados, os objetivos clínicos do uso dos *wearables* ou biossensores e os principais resultados obtidos. Esses dados foram organizados e descritos para facilitar a aná-

lise e o entendimento sobre como esses dispositivos têm sido aplicados na prática clínica em casos de insuficiência cardíaca.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente revisão reuniu 12 publicações completas, datadas de 2020 a 2025, que investigam o uso de *wearables* e biossensores no manejo da insuficiência cardíaca (IC). Esses trabalhos englobam revisões narrativas, protocolos de estudo e análises de coorte.

De forma geral, os dispositivos avaliados nos estudos incluídos podem ser classificados em três grupos principais: *wearables* de uso comercial, como *smartwatches* e pulseiras de fitness; plataformas médicas especializadas, como *patches* e sensores torácicos; e biossensores integrados a algoritmos de inteligência artificial (IA). Esses sistemas permitem a coleta de parâmetros fisiológicos como frequência cardíaca, pressão arterial, oximetria, variabilidade da frequência cardíaca, ritmo cardíaco e, em alguns casos, biomarcadores séricos (MOSHAWRAB *et al.*, 2023; IQBAL *et al.*, 2024).

Do ponto de vista clínico, os estudos convergem quanto ao potencial de detecção precoce da descompensação. O artigo de Guess *et al.* (2024) descreveu que a avaliação contínua do estado de volume por sensores de anel ou de tórax antecipa sinais de deterioração hemodinâmica, permitindo ajustes terapêuticos oportunos e evitando internações. Complementarmente, a revisão de Desai *et al.* (2021) mostrou que estratégias de telemonitoramento não invasivo associadas a suporte telefônico estruturado reduziram mortalidade (RR 0,80-0,87) e reinternações por IC (RR 0,71-0,85), embora o efeito seja mais robusto em seguimentos ≤ 6 meses e menos consistente em períodos mais longos. A

heterogeneidade metodológica (variáveis monitoradas, frequência de coleta e adesão do paciente) permanece um limitador importante.

Entre as abordagens invasivas, o implante de sensor de pressão arterial pulmonar (CardioMEMS™) demonstrou queda significativa nas hospitalizações, mas seu alto custo e a necessidade de procedimento endovascular restringem a adoção ampla, sobretudo em sistemas de saúde com recursos limitados. Nesse cenário, a plataforma CardioTag / Cardiosense®, que combina seismocardiografia, fotopletismografia e ECG de alta fidelidade, alcançou correlação elevada (R^2 0,95) para estimar variações do atrito capilar pulmonar (PCWP) em validação contra cateterismo, oferecendo alternativa não invasiva à monitorização hemodinâmica guiada (GUESS *et al.*, 2024).

Outra vertente em expansão envolve biossensores dedicados à quantificação de biomarcadores. O artigo de Mungroo *et al.* (2023) detalha plataformas baseadas em nanomateriais para dosagem *point-of-care* de BNP/NT-pro-BNP, sST2, galectina-3 e troponinas, entre outros, com sensibilidade adequada para triagem e estratificação prognóstica na IC. A possibilidade de integrar esses dados bioquímicos ao monitoramento contínuo de sinais vitais amplia o espectro de alerta clínico, embora ensaios randomizados que comprovem impacto em desfechos duros ainda sejam escassos.

Somadas, as evidências atuais sugerem benefício modesto, porém clinicamente relevante, sobretudo na redução de reinternações e na otimização do tratamento guiado por parâmetros objetivos. Contudo, persistem desafios logísticos e técnicos: interoperabilidade dos dados com prontuários eletrônicos, validação regulatória, sustentabilidade financeira e, sobretudo, adesão do paciente, frequentemente prejudicada por desconforto ou baixa literacia digital

(MEDHI *et al.*, 2024; MOSHAWRAB *et al.*, 2023).

CONCLUSÃO

Em síntese, *wearables* e biossensores representam instrumentos promissores para transformar o manejo da IC em direção a um modelo

preditivo, preventivo e personalizado. O futuro próximo exigirá estudos multicêntricos que padronizem métricas, incorporem inteligência artificial para estratificar risco em tempo real e avaliem custo-efetividade em diferentes contextos de saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

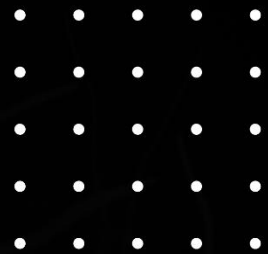
- GREGÓRIO, C. *et al.* From wristbands to implants: the transformative role of wearables in heart failure care. *Healthcare*, v. 12, p. 2572, 2024. doi: 10.3390/healthcare12242572.
- GOLBUS, J.R. *et al.* Association between wearable device measured activity and patient-reported outcomes for heart failure. *JACC: Heart Failure*, v. 11, p. 1521, 2023. doi: 10.1016/j.jchf.2023.05.033.
- GUESS, M. *et al.* Recent advances in materials and flexible sensors for arrhythmia detection. *Materials*, v. 15, p. 724, 2022. doi: 10.3390/ma15030724.
- IQBAL, S.M.A. *et al.* Advances in cardiovascular wearable devices. *Biosensors*, v. 14, p. 525, 2024. doi: 10.3390/bios14110525.
- LOSCALZO, J. *et al.* *Medicina Interna de Harrison*. 21. ed. Porto Alegre: AMGH, 2024.
- KAYA, S.I. *et al.* Approaches and challenges for biosensors for acute and chronic heart failure. *Biosensors (Basel)*, v. 13, p. 282, 2023. doi: 10.3390/bios13020282.
- MARTINS, M.A. *et al.* *Clínica Médica, Volume 2: Doenças Cardiovasculares, Doenças Respiratórias, Emergências e Terapia Intensiva*. 2. ed. Barueri: Manole, 2016.
- MEDHI, D. *et al.* Artificial intelligence and its role in diagnosing heart failure: a narrative review. *Cureus*, v. 16, p. e59661, 2024. doi: 10.7759/cureus.59661.
- MOSHAWRAB, M. *et al.* Smart wearables for the detection of cardiovascular diseases: a systematic literature review. *Sensors*, v. 23, p. 828, 2023. doi: 10.3390/s23020828.
- NEILL, L. *et al.* Novel noninvasive biosensors and artificial intelligence for optimized heart failure management. *JACC: Basic to Translational Science*, v. 7, p. 316, 2022. doi: 10.1016/j.jacbts.2022.02.014.
- REAMER, C. *et al.* Continuous remote patient monitoring in heart failure patients (CASCADE study): mixed methods feasibility protocol (preprint). *JMIR Research Protocols*, v. 11, 2022. doi: 10.2196/36741.
- SINGHAL, A. & COWIE, M.R. The role of wearables in heart failure. *Current Heart Failure Reports*, v. 17, p. 125, 2020. doi: 10.1007/s11897-020-00467-x.
- VEENIS, J.F. *et al.* Remote monitoring in chronic heart failure patients: is non-invasive remote monitoring the way to go? *Sensors*, v. 21, p. 887, 2021. doi: 10.3390/s21030887.
- WATTANACHAYAKUL, P. *et al.* Non-invasive heart failure monitoring: leveraging smart scales and digital biomarkers to improve heart failure outcomes. *Heart Failure Reviews*, v. 29, p. 1145, 2024. doi: 10.1007/s10741-024-10426-6.

CARDIOLOGIA

TEORIA E PRÁTICA

EDIÇÃO XXII

Capítulo 10



PANORAMA ATUAL DO DIAGNÓSTICO DA PERICARDITE: INOVAÇÕES E IMPACTO

PEDRO FELIPE FERRARI SILVA¹
RUBENS PEREIRA DE GODOY FILHO¹
GUSTAVO DE MACEDO KNOLL¹
ALANYS SAMPAIO ASCIUTI²
LAÍS TAMY KONNO¹
LUCAS ARAUJO ROMÃO¹
ANA CAROLINA CARVALHO ANTONIO¹
LETÍCIA HANNAH DE SOUZA ESTANISLAU¹
ANA CAROLINA ALKIMIM FENOGLIO¹
ANA PAULA RUBINO¹
MARCELLA MARIS ZANATELI¹
YASMIN TAVARES FERNANDES¹
ISABELLA NARITA ARA¹
PATRICK CRISTIAN LIMA ORIHUELA¹

1. Discente – Estudante de Medicina da Universidade de São Caetano do Sul.

2. Discente – Estudante de Nutrição da Universidade de São Caetano do Sul.

Palavras-chave

Pericardite; Imagem; Biomarcadores.

DOI

10.59290/0532219053

EP EDITORA
PASTEUR

INTRODUÇÃO

O pericárdio é uma membrana fina de tecido fibroelástico que envolve o coração e a base dos grandes vasos. A pericardite, inflamação dessa estrutura, é a doença pericárdica mais comum no mundo, afetando principalmente homens adultos jovens e de meia-idade. Em sua forma aguda, pode ocorrer isoladamente ou no contexto de disfunções sistêmicas (LAZAROU *et al.*, 2022).

A fisiopatologia envolve um processo inflamatório desencadeado por diversos fatores etiológicos, como infecções (virais, bacterianas, fúngicas), doenças autoimunes, neoplasias, traumas ou intervenções cardíacas. Em países em desenvolvimento, a tuberculose ainda é a principal causa, enquanto nos países desenvolvidos predominam os casos idiopáticos (MOREIRA *et al.*, 2024; BIZZI *et al.*, 2024).

Inicialmente, a inflamação pode levar ao acúmulo de líquido no espaço pericárdico. Casos intensos ou prolongados resultam em fibrose e aderência entre as lâminas do pericárdio, comprometendo o enchimento cardíaco e levando à disfunção diastólica. Entre as principais complicações estão o tamponamento cardíaco, com risco de choque cardiogênico, e a pericardite constrictiva, caracterizada por espessamento e rigidez pericárdica (CARVALHO *et al.*, 2025).

O diagnóstico é majoritariamente clínico, baseado em dor torácica típica, achados no exame físico (como atrito pericárdico), e histórico sugestivo. Exames complementares, como eletrocardiograma, marcadores inflamatórios e exames de imagem, auxiliam na confirmação e avaliação da gravidade, além de contribuírem para o diagnóstico diferencial. Métodos diagnósticos mais recentes e exames específicos po-

dem ser empregados em casos atípicos ou duvidosos (XANTHOPOULOS, 2017; LAZAROU *et al.*, 2022; DIAZ-AROCUTIPA *et al.*, 2022).

Considerando a alta recorrência e o potencial de complicações da pericardite, seu manejo exige diagnóstico precoce, uso criterioso de exames e terapias baseadas em evidências. Este capítulo explora detalhadamente os métodos diagnósticos atuais e as inovações nesse campo (CARVALHO *et al.*, 2025).

MÉTODO

Revisão narrativa da literatura na base de dados PubMed, incluindo publicações entre 2020-2025. Foram utilizados os descritores “*pericarditis/diagnosis*” e “*pericarditis/diagnostic imaging*”. Foram incluídos estudos completos gratuitos na língua inglesa. Os estudos foram selecionados com base na relevância clínica e atualidade das abordagens diagnósticas da pericardite, priorizando revisões sistemáticas, metanálises, estudos observacionais e relatos clínicos com dados significativos.

Foram identificados 244 trabalhos, sendo que apenas 22 foram selecionados para leitura integral e composição do trabalho final.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Avaliação clínica e exames cardiológicos países

Segundo a última Pesquisa Nacional de Demografia e Saúde (PNDS), aproximadamente 13% das mulheres que tiveram filhos nos cinco anos que antecederam a pesquisa não haviam realizado nenhuma consulta de pré-natal. Dessas, 9% eram residentes nas regiões urbanas e 32% no meio rural. A menor cobertura de pré-natal foi encontrada no Nordeste (75%) e a maior no Estado do Rio de Janeiro (96%). Essa pesquisa demonstra que o acesso à assistência

pré-natal é um problema significativo para a população rural, principalmente nas regiões Norte e Nordeste.

O diagnóstico da pericardite baseia-se na associação entre sintomas clínicos característicos e achados em exames complementares, sobretudo os de imagem. Entre eles, o eletrocardiograma (ECG) é amplamente utilizado e considerado essencial na avaliação inicial. O critério mais comum para a identificação da pericardite aguda é a presença de elevação difusa do segmento ST ou depressão do segmento PR, alterações que indicam envolvimento miocárdico. O ECG também pode ser útil para classificar a doença em quatro estágios, com base nas modificações observadas ao longo do tempo (IMAZIO *et al.*, 2022).

Outras modalidades de imagem, como ecocardiograma, tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética cardíaca (RMC), contribuem significativamente para a determinação da presença, da causa e da gravidade da inflamação pericárdica (SAEED *et al.*, 2023).

Nesse sentido, o ecocardiograma permite quantificar o líquido no espaço pericárdico, sendo útil para monitoramento da resposta ao tratamento por meio de exames seriados. Entretanto, a avaliação precisa da quantidade de líquido pode ser dificultada, uma vez que ele nem sempre se distribui de maneira uniforme ao redor do coração, o que limita a sensibilidade da abordagem transtorácica.

Na RMC, os critérios diagnósticos incluem espessamento pericárdico maior que 3 mm e presença de edema. A elevação de biomarcadores inflamatórios, como proteína C-reativa, leucócitos e velocidade de hemossedimentação, também atua como critério adicional de suporte.

O raio-X de tórax, por sua vez, auxilia na exclusão de causas pulmonares de dor torácica. Na pericardite aguda, o exame geralmente é

normal, especialmente quando o volume do derrame é pequeno.

Em adição, na pericardite constrictiva, o diagnóstico pode ser aprimorado com métodos invasivos. Jain *et al.* (2021), em um estudo retrospectivo realizado na *Mayo Clinic*, com 20 pacientes submetidos a cateterismo cardíaco entre 2006 e 2017, observaram uma redução significativa no tempo de ejeção do sangue na artéria pulmonar da expiração para a inspiração em pacientes com pericardite constrictiva. Essa variação também foi identificada na aorta, porém, com menor intensidade.

O histórico vacinal também pode fornecer informações relevantes. Em estudo conduzido por Manno *et al.* (2022), 13 pacientes com diagnóstico de pericardite ou miocardite aguda foram avaliados após exposição à vacina de mRNA contra a Covid-19. Em média, os sintomas surgiram cinco dias após a vacinação, sendo a maioria após a segunda dose (31% após a primeira, 46% após a segunda e 23% após a terceira). Apenas um dos pacientes tinha histórico prévio da doença. Os autores concluem que a condição é rara, ocorrendo com maior frequência em homens adolescentes ou adultos com menos de 30 anos.

Um exame menos convencional, mas promissor, é a tomografia por emissão de pósitrons acoplada à tomografia computadorizada com 18F-fluordesoxiglicose (18F-FDG PET/CT). Segundo Hyeon *et al.* (2020), a técnica apresentou sensibilidade de 63,3% e especificidade de 71,9% na diferenciação de doenças pericárdicas, inclusive em casos com biópsias inconclusivas. Por avaliar a atividade metabólica, é útil na detecção de neoplasias e doenças inflamatórias. A taxa de acerto da biópsia guiada por PET/CT foi de 38,7%, comparada a 10,2% na biópsia pericárdica convencional. A Sociedade Europeia de Cardiologia recomenda esse mé-

todo em pacientes com suspeita de etiologia autoimune, embora inflamações inespecíficas possam afetar sua especificidade.

No ECG, a onda J também pode ser um achado relevante. Abe *et al.* (2021) identificaram sua presença em 72% dos 40 pacientes com pericardite aguda avaliados entre 2008 e 2018. Essa deflexão, localizada ao fim do complexo QRS, desapareceu após a recuperação clínica. O estudo descreve ainda diversas morfologias da onda, como entalhada, empastada e fragmentada.

Ren (2024) investigou a força terminal da onda P na derivação V1 (PtfV1) como ferramenta diagnóstica. Em uma amostra de 95 pacientes, aqueles com $PtfV1 \geq 0,04$ mm apresentaram espessura pericárdica ≥ 5 mm em 95% dos casos, conforme medição por ecocardiografia e TC, sugerindo sua utilidade em diagnósticos mais complexos.

O ecocardiograma continua sendo um dos métodos mais amplamente utilizados na prática clínica, embora sua interpretação dependa de grande experiência técnica. Frente a essa limitação, Chao *et al.* (2024) desenvolveram um modelo de aprendizado profundo baseado em ecocardiografia transtorácica para diferenciar pericardite constrictiva (PC) de cardiomiopatia restritiva (CMR). Com dados de 381 pacientes, o modelo atingiu uma área sob a curva (AUC) de 0,97 na validação interna e 0,84 na externa, demonstrando alto desempenho diagnóstico. Esses resultados reforçam o potencial da inteligência artificial como ferramenta auxiliar na diferenciação de patologias pericárdicas.

Exames de imagem

O diagnóstico das doenças pericárdicas tem se beneficiado significativamente do avanço das técnicas de imagem cardiovascular, que não apenas auxiliam na identificação da inflamação

pericárdica, como oferecem ferramentas precisas para quantificação, diferenciação etiológica, estratificação prognóstica e tomada de decisões terapêuticas. Nesse contexto, diversos estudos recentes destacam o papel fundamental da tomografia computadorizada (TC), da ressonância magnética cardíaca (RMC), da ecocardiografia transtorácica (ETT) e de métodos inovadores baseados em aprendizado de máquina no diagnóstico das diversas formas de pericardite.

No estudo de Kim *et al.* (2024), 91 pacientes com pericardite constrictiva crônica foram submetidos à pericardiectomia, com avaliação pré-operatória por tomografia computadorizada (TC) e ecocardiograma transtorácico (ETT). A TC permitiu quantificar com precisão o volume de cálcio pericárdico por meio do escore de Agatston. Volumes ≥ 44.939 mm³ foram significativamente associados à menor sobrevida livre de eventos ($p = 0,031$) e à menor sobrevida global ($p = 0,036$), conforme curvas de Kaplan–Meier. A razão E/E', obtida pelo ETT como marcador de disfunção diastólica, também se associou a pior prognóstico: valores ≥ 11 indicaram menor sobrevida livre de eventos ($p = 0,005$) e tendência à menor sobrevida global ($p = 0,071$). A análise multivariada confirmou o volume de cálcio (HR 1,004; IC95%: 1,001–1,006; $p = 0,005$), E/E' elevado (HR 1,059; IC95%: 1,015–1,105; $p = 0,008$) e níveis séricos reduzidos de albumina (HR 0,476; IC95%: 0,229–0,986; $p = 0,046$) como preditores independentes de desfecho adverso. Dos 145 pacientes avaliados inicialmente, 91 foram incluídos. Destes, 26 (28,6%) apresentaram eventos clínicos adversos, incluindo 19 óbitos cardiovasculares. Os achados reforçam a importância da avaliação pré-operatória por imagem, especialmente a quantificação do cálcio pericárdico

e a razão E/E', na estratificação de risco e prognóstico cirúrgico em pacientes com pericardite constritiva.

Complementando essa perspectiva prognóstica, Yang *et al.* (2021) utilizaram o rastreamento de feixe por RMC (CMR-FT) para diferenciar pacientes com pericardite constritiva (PC) daqueles com miocardiopatia restritiva (RCM) e indivíduos-controle. Os autores observaram que tanto a deformação longitudinal global (GLS) quanto a deformação circunferencial global (GCS) estavam mais reduzidas nos pacientes com RCM em comparação aos com PC (GLS: -6,5 vs. -11,15; GCS: -13,37 vs. -16,89; $P < 0,001$). Ademais, características específicas como curvas tempo-deformação em “platô” durante a diástole foram observadas apenas no grupo com PC. Assim, o pico de GLS (sensibilidade 85%; especificidade 78%) e a razão diastólica GCS (0–50%/50–75%) (sensibilidade 88%; especificidade 73%) mostraram-se altamente eficazes na diferenciação entre PC e RCM.

Portanto, o CMR-FT surge como método promissor na distinção diagnóstica entre entidades de apresentação clínica semelhante, fornecendo padrões de deformação miocárdica específicos.

De igual modo, Silva *et al.* (2024) propuseram uma abordagem inovadora para auxiliar no diagnóstico diferencial entre pericardite constritiva (PC) e cardiomiopatia restritiva (RCM), por se tratar de duas doenças que apresentam manifestações clínicas e ecocardiográficas semelhantes, dificultando o diagnóstico preciso. Utilizando homologia persistente (HP), uma técnica de análise topológica aplicada à deformação miocárdica obtida por ecocardiografia, os autores conseguiram transformar padrões complexos de deformação em vetores matemáticos, possibilitando uma análise mais precisa mesmo em pequenos conjuntos de dados. O

modelo baseado em HP apresentou excelente desempenho diagnóstico ao diferenciar PC de RCM, com uma AUC de 0,94, sensibilidade de 92% e especificidade de 81%, superando abordagens tradicionais baseadas em deformação global longitudinal (GLS). Além disso, ao comparar seu modelo com outros métodos não invasivos, como a ressonância magnética cardíaca (RMC) e os critérios ecocardiográficos da Mayo Clinic, os autores demonstraram que a abordagem por HP oferece desempenho semelhante em termos de sensibilidade, com a vantagem de maior acessibilidade, por se basear em exames ecocardiográficos amplamente disponíveis. Isso representa um avanço relevante no contexto de doenças raras como a PC, onde o número reduzido de casos dificulta o desenvolvimento de sistemas diagnósticos robustos. A técnica também mostrou boa capacidade de diferenciar não apenas entre PC e RCM, mas também entre esses pacientes e indivíduos sem insuficiência cardíaca, indicando seu potencial como ferramenta de apoio à decisão clínica. Por fim, os autores destacam que, embora o estudo tenha sido realizado com uma amostra limitada, a aplicação da homologia persistente permite encontrar padrões diagnósticos mesmo em coortes pequenas, algo especialmente útil em doenças de baixa prevalência. A proposta é promissora para integrar a ecocardiografia com métodos de aprendizado de máquina, tornando possível a identificação de características subclínicas e padrões específicos de deformação que não são facilmente perceptíveis por métodos tradicionais. Essa abordagem pode, no futuro, ser incorporada a *softwares* clínicos e sistemas de suporte à decisão, ampliando a precisão diagnóstica de maneira prática e acessível.

Ainda no campo da ecocardiografia, Li *et al.* (2022), diante da ausência de critérios ecocardiográficos padronizados para o diagnóstico de pericardite constritiva (PC), propuseram um

sistema próprio com base na análise de 25 pacientes, com o objetivo de auxiliar os profissionais na prática clínica, promovendo diagnósticos mais precoces e tratamentos mais eficazes. Os autores estabeleceram seis critérios diagnósticos principais: (1) espessamento ou calcificação pericárdica evidenciada por ecocardiograma ou tomografia computadorizada; (2) alterações morfológicas cardíacas típicas, como curvatura do septo ventricular e deformações das cavidades ventriculares; (3) movimento anormal do septo interventricular, incluindo corte em V, tremor e salto septal, ou deriva respiratória do septo; (4) variações respiratórias na velocidade de enchimento mitral e tricúspide, como mudança superior a 25% na mitral ou superior a 40% na tricúspide; (5) aumento compensatório do movimento do eixo longo na diástole inicial, evidenciado por e' medial do anel mitral maior que 8 cm/s ou reverso do anel mitral; e (6) padrão de enchimento restritivo do ventrículo esquerdo e direito, como relação E/A mitral maior que 1,5 com tempo de desaceleração (DT) inferior a 160 ms, relação E/A tricúspide maior que 2,1 com DT inferior a 120 ms, além de dilatação da veia cava inferior maior que 2,0 cm com colapso ausente ou mínimo (< 50%). A partir desses achados, os autores propuseram uma classificação diagnóstica escalonada: o diagnóstico é considerado confirmado na presença de quaisquer três critérios entre os itens 1 a 5 combinados com o item 6; altamente suspeito quando há dois critérios dos itens 1 a 5 com o item 6; e suspeito quando há um critério dos itens 1 a 5 com o item 6. Essa proposta representa um avanço relevante por sistematizar parâmetros ecocardiográficos frequentemente utilizados de forma subjetiva, promovendo maior uniformidade na tomada de decisão clínica. Apesar disso, a limitação metodológica relacionada ao tamanho reduzido da amostra ($n = 25$) restringe a generalização dos resultados.

Ainda assim, os critérios propostos configuram uma base promissora para futuras validações multicêntricas e comparação com outros estudos que buscam padronizar o diagnóstico da pericardite constritiva.

Ampliando a discussão para uma visão integrativa dos diagnósticos por imagem, Chetrit *et al.* (2020) realizaram uma revisão abrangente da literatura focada em modalidades de imagem no manejo das doenças pericárdicas, constatou-se que a ressonância magnética cardíaca (RMC) permite caracterizar a inflamação pericárdica em estágios agudo, subagudo ou crônico por meio de realce tardio de gadolínio (LGE) e mapeamento de T1 nativo, identificando áreas de inflamação ativa e fibrose residual. A tomografia computadorizada (TC) mostrou-se eficaz na detecção e quantificação de espessamento e calcificação pericárdica, parâmetros que se correlacionam com restrição hemodinâmica e gravidade do quadro constritivo, fornecendo dados valiosos para planejamento cirúrgico em casos de pericardite constritiva. A ecocardiografia transtorácica (ETT), por sua vez, continua sendo o exame-porta de entrada, demonstrando sinais de ventrículo interdependente, septo móvel paradoxal e padrão de doppler respiratório que auxiliam na distinção entre inflamação ativa e constrição, além de monitorar resposta ao tratamento anti-inflamatório. Em cenários de doença refratária ou recorrente, o uso de PET-FDG foi descrito em coortes menores como ferramenta para mapear atividade inflamatória pericárdica, orientando decisões terapêuticas com anti-inflamatórios não hormonais, colchicina e inibidores de interleucina-1. Esses achados reforçam que a integração multimodal, combinando RMC, TC, ETT e, quando indicado, PET, redefine o diagnóstico, estratificação de risco e a abordagem terapêutica individualizada em pacientes com pericardite aguda, crônica ou recorrente.

Nesse sentido Cau *et al.* (2024), em estudo retrospectivo, avaliaram 36 pacientes consecutivos com pericardite aguda (24 homens; mediana de idade 52 anos, intervalo interquartil 23–52) submetidos à RMC com análise de *strain* atrial e ventricular por *feature-tracking* em sequências cine SSFP. Após seguimento mediano de 16 meses (IQR 13–24), 12 (33,3%) pacientes atingiram o desfecho primário composto por recorrência de pericardite, pericardite constrictiva ou cirurgia. Na análise multivariada de regressão de Cox, os parâmetros de *strain* de *reservoir* e de *conduit* do átrio esquerdo demonstraram associação independente com maior risco de eventos adversos ($p < 0,05$), ao passo que os parâmetros de *strain* ventricular esquerdo não se mantiveram como preditores independentes do desfecho. A análise de curvas ROC dependentes do tempo revelou excelente desempenho preditivo para o *strain* atrial de reservatório (AUC = 0,895; IC 95%: 0,76–1,0) e de *conduit* (AUC = 0,914; IC 95%: 0,81–1,0) na predição de eventos adversos em 12 meses, superando significativamente os modelos baseados em *strain rate* e *booster rate* ($p < 0,05$).

No mesmo ano, Cau *et al.* (2024) também investigaram o uso do mapeamento T1 por ressonância magnética cardíaca (RMC) sem contraste como ferramenta diagnóstica para pericardite aguda. O estudo demonstrou que os valores de mapeamento T1 pericárdico foram significativamente diferentes entre pacientes com pericardite e indivíduos saudáveis, alcançando uma AUC de 0,97, o que indica excelente acurácia diagnóstica. O principal achado foi que a intensidade do realce tardio com gadolínio (RTG) no pericárdio foi o único fator independente associado aos valores de T1, reforçando a ideia de que o mapeamento T1 reflete diretamente a inflamação pericárdica. A RMC, apesar de não ser a primeira linha para avaliação do pericárdio, papel tradicionalmente ocupado

pela ecocardiografia, vem ganhando espaço por sua capacidade de caracterização tecidual. O mapeamento T1, especificamente, permite avaliar alterações na composição do derrame pericárdico, distinguindo exsudatos inflamatórios de transudatos não inflamatórios sem a necessidade de contraste. Isso torna o exame útil, especialmente para pacientes com contraindicações ao uso de gadolínio ou intolerância a exames longos. Assim, o mapeamento T1 pericárdico se mostra uma estratégia promissora para diagnóstico não invasivo da pericardite aguda. No entanto, o estudo também destaca limitações importantes, como a variabilidade dos valores de T1 entre diferentes equipamentos e instituições, o que exige padronização para uso clínico rotineiro. Além disso, o mapeamento T1 isolado ainda não permite distinguir de forma precisa os diferentes estágios inflamatórios (agudo, subagudo e crônico), sendo recomendado o uso de abordagens complementares, como mapeamento T2 e quantificação do volume extracelular (VCE). Mesmo com essas limitações, os achados reforçam o valor do mapeamento T1 como um recurso diagnóstico útil, especialmente em protocolos rápidos e sem contraste, para a avaliação inicial da pericardite aguda.

Cremer *et al.* (2024) investigaram a eficácia do rilonacepte no tratamento da pericardite recorrente, com base nos achados do estudo de fase 3 RHAPSODY. Os resultados mostraram que o medicamento controla de forma eficaz as crises ativas e, quando usado a longo prazo, reduz de forma sustentada o risco de novas recorrências. Análises anteriores já haviam indicado que pacientes com maior realce tardio com gadolínio (RTG) na ressonância magnética cardíaca (RMC) tinham maior chance de recorrência após a suspensão do rilonacepte, especialmente quando a interrupção ocorria após 12 semanas de tratamento. Diante disso, o estudo avaliou se a RMC seriada poderia ajudar a acompanhar a

resposta ao tratamento e a prever a chance de recaída após a suspensão da medicação. Os resultados mostraram que a melhora clínica observada durante o uso do rilonacepte foi acompanhada por melhora nos achados da RMC, como redução da espessura do pericárdio, desaparecimento do edema (T2-STIR) e do RTG. Esses achados reforçam o potencial da RMC como ferramenta para monitorar a inflamação pericárdica ao longo do tratamento. Por outro lado, o estudo também mostrou que a ausência de RTG ou traços na RMC durante o uso da medicação não garantiu que o paciente estivesse livre de novas crises após a suspensão do tratamento, pelo menos no grupo analisado, que era pequeno. Isso sugere que, para alguns pacientes, pode ser necessário manter o rilonacepte por um período mais longo. Os autores reforçam a necessidade de novos estudos, com amostras maiores, para definir melhor como a RMC pode ser usada para guiar a duração do tratamento e prever desfechos clínicos com maior segurança.

Por fim, Prasad e Hanson (2022) relatam o caso de um homem de 48 anos, com histórico de hipertensão, asma e tabagismo cessado, que apresentou dor torácica esquerda progressiva, pior com inspiração profunda e em posição de supino. O ECG evidenciou elevação mínima do segmento ST com depressão discreta do PR na derivação II. O ecocardiograma revelou fração de ejeção preservada (55–60%) e ausência de anormalidades estruturais. A radiografia do tórax foi normal. Diante do quadro clínico inespecífico, optou-se por angiotomografia coronariana, que demonstrou artérias coronárias normais, mas espessamento pericárdico, confirmando o diagnóstico de pericardite aguda. O paciente apresentou melhora clínica com anti-inflamatório (ibuprofeno), colchicina e omeprazol, com resolução completa dos sintomas em

poucos dias. Em síntese, este caso destaca o valor da angiotomografia coronariana como ferramenta diagnóstica complementar útil em casos atípicos de pericardite, especialmente quando exames convencionais, como ECG e ecocardiograma, são inconclusivos.

Corroborando os achados dos estudos anteriores, uma revisão recente publicada por Conte *et al.* (2023) destaca a importância crescente da tomografia computadorizada cardíaca (TCC) e da ressonância magnética cardíaca (RMC) no manejo das síndromes pericárdicas, que variam desde a pericardite aguda até derrames crônicos idiopáticos. Embora a ecocardiografia transtorácica (ETT) continue sendo o exame inicial mais utilizado, a TCC e a RMC têm demonstrado papel fundamental tanto no diagnóstico quanto na orientação terapêutica, especialmente em casos complexos ou refratários. A TCC se sobressai na detecção e quantificação de calcificações pericárdicas, sendo especialmente útil no planejamento cirúrgico de pericardiectomias, como reforçado por Kim *et al.* (2024). Por outro lado, a RMC apresenta vantagem no reconhecimento de inflamação pericárdica ativa e crônica, com valor diagnóstico e prognóstico relevante, particularmente na pericardite recorrente, conforme observado nos estudos de Cremer *et al.* (2024) e Cau *et al.* (2024).

Exames laboratoriais e biomarcadores

O diagnóstico da pericardite baseia-se, sobretudo, em critérios clínicos e de imagem. Entretanto, os exames laboratoriais têm papel complementar fundamental, pois auxiliam tanto na identificação da causa da doença quanto na avaliação do risco de progressão, colaborando para o manejo adequado do paciente.

Uma das funções dos testes laboratoriais pode ser para distinguir pericardite constritiva de cardiomiopatia restritiva. Essa distinção pode ser complicada, principalmente quando os

achados clínicos são parecidos. De acordo com Diaz-Arocutipa *et al.* (2021), a dosagem de peptídeos natriuréticos, como o BNP (peptídeo natriurético tipo B) e o NT-proBNP (fração N-terminal do peptídeo natriurético tipo B), tem sido investigada como uma possível ferramenta auxiliar. Esses marcadores costumam aparecer em concentrações mais baixas na pericardite constritiva. Acredita-se que isso aconteça porque a função do miocárdio, nesses casos, ainda está relativamente preservada, ao contrário do que costuma ocorrer na restritiva.

De acordo com Andrianto *et al.* (2020), na pericardite tuberculosa, os exames laboratoriais são especialmente importantes, já que os métodos convencionais, como as culturas, costumam ter desempenho limitado em líquidos com baixa carga bacilar. Entre os testes mais promissores, destaca-se o Xpert MTB/RIF, que permite identificar de forma rápida o DNA do *Mycobacterium tuberculosis* e a resistência à rifampicina. Estudos mostram que esse teste apresenta alta especificidade, frequentemente acima de 90%, e sensibilidade moderada, variando entre 58% e 75% (YU *et al.*, 2021; ANDRIANTO *et al.*, 2020). Outro exame com papel complementar é a dosagem da adenosina deaminase (ADA) no líquido pericárdico, que costuma estar elevada, acima de 40 U/L, em casos de tuberculose pericárdica (HU *et al.*, 2020).

Na pericardite gonocócica, os exames laboratoriais desempenham um papel fundamental na definição da etiologia infecciosa, especialmente em situações nas quais métodos convencionais, como a cultura, não conseguem detectar o agente. Em um caso descrito por Brisowe *et al.* (2023), foi possível identificar *Neisseria gonorrhoeae* como o patógeno envolvido por meio da PCR 16S e de testes de amplificação de ácido nucleico (NAAT), mesmo com culturas negativas. Além disso, a tipagem molecular (NG-MAST) contribuiu para determinar a cepa

específica e avaliar possíveis mecanismos de resistência antimicrobiana, ressaltando o valor dessas metodologias na prática clínica, especialmente quando os métodos tradicionais são inconclusivos.

Quanto à pericardite recorrente, os exames laboratoriais auxiliam tanto no diagnóstico quanto no prognóstico, principalmente PCR ultrasensível, de acordo com Kumar *et al.* (2022). Nesse estudo, foram analisados 106 pacientes em surto ativo de pericardite recorrente e aqueles que possuíam PCR ultrasensível baixo (entre 3 e 10) tiveram maiores taxas de melhora e cura mais breve. Alguns fatores influenciaram na melhora clínica dos pacientes, como idade, já que pacientes mais velhos tiveram melhores prognósticos e pacientes em uso de corticoide tiveram piores desfechos.

CONCLUSÃO

O diagnóstico da pericardite passou por avanços relevantes nas últimas décadas, superando a limitação da tríade clínica clássica e incorporando, de forma progressiva, métodos complementares que ampliam a acurácia, a rapidez e a capacidade de estratificação da doença (XANTHOPOULOS, 2017; CHEIRIT *et al.*, 2020; CAU *et al.*, 2024). Hoje, o processo diagnóstico combina a escuta clínica cuidadosa com tecnologias que permitem visualizar inflamação, fibrose, espessamento e impacto funcional do pericárdio, mesmo nos casos mais sutis ou complexos.

As inovações em imagem, o uso crescente de biomarcadores e testes moleculares, além da introdução de ferramentas computacionais e inteligência artificial, representam um marco na condução moderna da pericardite. Esses recursos ampliam a capacidade de diferenciação etiológica, de monitoramento terapêutico e de individualização do cuidado, contribuindo para

uma medicina mais precisa e centrada no paciente (CARVALHO *et al.*, 2025; DIAZ-AROCUTIPA *et al.*, 2021; SILVA *et al.*, 2024).

Entretanto, mesmo com o avanço tecnológico, o raciocínio clínico permanece essencial. O manejo adequado da pericardite exige a integração entre anamnese, exame físico e o uso racional dos exames complementares, considerando o contexto epidemiológico, os fatores de risco e a apresentação individual de cada paciente (MOREIRA *et al.*, 2024; LAZAROU *et al.*, 2022).

Dessa forma, a pericardite, por ser uma condição de alta recorrência, múltiplas etiologias e potencial de evolução para formas graves, demanda uma abordagem multidisciplinar, baseada em evidências e adaptada à realidade clínica. O desafio contemporâneo está em aliar o conhecimento tradicional à inovação tecnológica para promover diagnósticos precoces, intervenções mais assertivas e, sobretudo, melhores desfechos para os pacientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABE, I. *et al.* Transient manifestation of J waves and Brugada pattern electrocardiograms in patients with acute pericarditis. *JACC: Clinical Electrophysiology*, v. 7, p. 412, 2021. doi: 10.1016/j.jacep.2020.11.024.
- ANDRIANTO, A. *et al.* Diagnostic test accuracy of Xpert MTB/RIF for tuberculous pericarditis: a systematic review and meta-analysis. *F1000Research*, v. 9, 2020. doi: 10.12688/f1000research.22770.1.
- BIZZI, E. *et al.* *European Journal of Internal Medicine*, v. 95, p. 24, 2021. doi: 10.1016/j.ejim.2021.09.002.
- BRISTOWE, H. *et al.* Gonococcal pericarditis with tamponade: use of molecular technology to improve diagnosis and management. *International Journal of Infectious Diseases*, v. 134, p. 150, 2023. doi: 10.1016/j.ijid.2023.06.011.
- CAU, R. *et al.* Assessing acute pericarditis with T1 mapping: a supportive contrast-free CMR marker. *Tomography*, v. 10, p. 1881, 2024. doi: 10.3390/tomography10120137.
- CAU, R. *et al.* Atrial and ventricular strain using cardiovascular magnetic resonance in the prediction of outcomes of pericarditis patients: a pilot study. *European Radiology*, v. 34, p. 5724, 2024. doi: 10.1007/s00330-024-10677-9.
- CHAO, C. *et al.* Echocardiography-based deep learning model to differentiate constrictive pericarditis and restrictive cardiomyopathy. *JACC: Cardiovascular Imaging*, v. 17, p. 349, 2024. doi: 10.1016/j.jcmg.2023.09.011.
- CHETRIT, M. *et al.* Imaging-guided therapies for pericardial diseases. *JACC: Cardiovascular Imaging*, v. 13, p. 1422, 2020. doi: 10.1016/j.jcmg.2019.08.027.
- CONTE, E. *et al.* The contemporary role of cardiac computed tomography and cardiac magnetic resonance imaging in the diagnosis and management of pericardial diseases. *Canadian Journal of Cardiology*, v. 39, p. 1111, 2023. doi: 10.1016/j.cjca.2023.01.030.
- CREMER, P. C. *et al.* Longitudinal cardiac magnetic resonance imaging following clinical response to riloncept and prior to recurrence upon treatment suspension: a RHAPSODY subgroup analysis. *European Heart Journal Cardiovascular Imaging*, v. 26, p. 72, 2024. doi: 10.1093/ehjci/jeae200.
- DIAZ-AROCUTIPA, C. *et al.* Natriuretic peptides to differentiate constrictive pericarditis and restrictive cardiomyopathy: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Cardiology*, v. 45, p. 251, 2022. doi: 10.1002/clc.23772.
- HU, X. *et al.* Diagnostic values of Xpert MTB/RIF, T-SPOT.TB and adenosine deaminase for HIV-negative tuberculous pericarditis in a high burden setting: a prospective observational study. *Scientific Reports*, v. 10, 2020. doi: 10.1038/s41598-020-73220-y.
- HYEON, C.W. *et al.* The role of 18F-fluorodeoxyglucose-positron emission tomography/computed tomography in the differential diagnosis of pericardial disease. *Scientific Reports*, v. 10, 2020. doi: 10.1038/s41598-020-78581-y.
- IMAZIO, M. *et al.* Diagnostic and prognostic role of the electrocardiogram in patients with pericarditis. *Heart (British Cardiac Society)*, v. 108, p. 1474, 2022. doi: 10.1136/heartjnl-2021-320443.
- JAIN, C.C. *et al.* A simplified method for the diagnosis of constrictive pericarditis in the cardiac catheterization laboratory. *JAMA Cardiology*, 2021. doi: 10.1001/jamacardio.2021.3478
- KIM, B. *et al.* Impact of preoperative clinical and imaging factors on post-pericardiectomy outcomes in chronic constrictive pericarditis patients. *Scientific Reports*, v. 14, 2024. doi: 10.1038/s41598-024-78923-0.
- KUMAR, A. *et al.* Prognostic value of inflammatory markers in idiopathic recurrent pericarditis. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 79, p. 1644, 2022. doi: 10.1016/j.jacc.2022.02.016.
- LAZAROU, E. *et al.* Acute pericarditis: update. *Current Cardiology Reports*, v. 24, p. 905, 2022. doi: 10.1007/s11886-022-01710-8.
- LI, J. *et al.* A case series of constrictive pericarditis and suggested echocardiographic diagnostic criteria. *Journal of International Medical Research*, v. 50, 2022. doi: 10.1177/03000605221134468
- MANNO, E.C. *et al.* Higher troponin levels on admission are associated with persistent cardiac magnetic resonance lesions in children developing myocarditis after mRNA-based COVID-19 vaccination. *Pediatric Infectious Disease Journal*, v. 42, p. 166, 2023. doi: 10.1097/INF.0000000000003762.
- MOREIRA, M.M. *et al.* Pericardite: principais métodos diagnósticos utilizados. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, v. 6, p. 2635, 2024. doi: 10.36557/2674-8169.2024v6n9p2635-2644.
- PRASAD, R. & HANSON, C. Acute pericarditis confirmed by coronary computed tomography angiogram. *Journal of Osteopathic Medicine*, v. 122, 2022. doi: 10.1515/jom-2022-0029.

CARDIOLOGIA

TEORIA E PRÁTICA

EDIÇÃO XXII

Índice Remissivo



Acidente Vascular Encefálico, 28
Angioplastia, 72
Anti-hipertensivos, 37
Atenção Básica, 37
Aterosclerose Precoce, 12

Biomarcadores, 92
Biossensores, 87

Cardiologia, 1
Cardiologia Intervencionista, 72

Disfunção Endotelial, 12
Dispositivos de Proteção Cerebral, 28

Estenose da Válvula Aórtica, 1

Fração de Ejeção Reduzida, 50

Hipertensão Arterial Sistêmica, 37

Imagem, 92
Implante de Válvula Aórtica Transcateter, 28
Implante Percutâneo de Válvula Aórtica, 1
Infarto do Miocárdio, 63
Insuficiência Cardíaca, 50, 87

Miocárdio, 63

Pericardite, 92

Reanimação Cardiopulmonar, 43

Saúde Vascular, 12
Sistema Renina-Angiotensina, 63
Suporte Avançado de Vida, 43
Suporte Básico de Vida, 43

Terapia Farmacológica, 50
Terapia Transvalvar Percutânea, 72

Wearables, 87