

CARDIOLOGIA

TEORIA E PRÁTICA

EDIÇÃO XXIV

Capítulo 9

COMPLICAÇÕES EM CARDIOLOGIA INTERVENCIONISTA: ESTRATÉGIAS DE PREVENÇÃO E MANEJO

LUCAS DE MORAIS FRANCO¹
DÊNISON DAVID GOMES DO NASCIMENTO¹
MARCUS MATHEUS FERRY E SILVA¹
ADRIANA TELLES RÉGIS¹
PALOMA TELLES CARVALHO SANTOS RÉGIS¹
BEATRIZ LEITE FILENO¹
TALYTA KETHYLE DOS SANTOS SILVA¹
CAMILA CAVALCANTE LOPES DE GÓES¹
JOÃO GABRIEL LINHARES DA SILVA¹
SÉRGIO ENRIQUE PONTES NOZAKI¹
NATHÁLIA KARISE AGUIAR ASSUNÇÃO²
MARIANA MAGALDI NOGUEIRA REYES VASSALLO²
TAINÁ RAQUEL FERNANDA DA SILVA³
LUCAS VINÍCIUS FERREIRA SILVA⁴
MILLA KATHERINNE LIMA ALVES⁵

1. Discente – Medicina Universidade Nove de Julho.
2. Discente – Medicina Universidade Federal de São Carlos.
3. Discente – Medicina Universidade Estadual de Londrina.
4. Discente – Medicina Universidade de Pernambuco.
5. Discente – Medicina Faculdade Pitagoras Eunápolis.

Palavras-chave

Complicações Vasculares; Cardiologia Intervencionista; Estratégias de Prevenção.

DOI

10.59290/5895230230

EP EDITORA
PASTEUR

INTRODUÇÃO

A cardiologia intervencionista representa um dos marcos mais significativos da medicina cardiovascular moderna, ao possibilitar o tratamento minimamente invasivo de doenças coronarianas, valvares e estruturais, com expressiva redução da morbimortalidade em comparação às intervenções cirúrgicas convencionais. O aprimoramento contínuo de cateteres, *stents*, válvulas e dispositivos de fechamento vascular, aliado à maior experiência das equipes multiprofissionais, consolidou procedimentos como a intervenção coronária percutânea (ICP) e o implante transcater de válvula aórtica (TAVI) como alternativas seguras e eficazes para pacientes de diferentes perfis clínicos, inclusive aqueles com alto risco cirúrgico.

Apesar desses avanços, as complicações periprocedimento e tardias ainda constituem desafios relevantes, com impacto direto na evolução clínica e na sobrevida dos pacientes. Dentre essas intercorrências, as complicações vasculares merecem destaque pela sua frequência e potencial gravidade, abrangendo desde hematomas locais e pseudoaneurismas até dissecções arteriais, trombozes e fístulas arteriovenosas. Esses eventos resultam de uma interação complexa entre fatores biológicos, clínicos e técnicos, que incluem alterações estruturais da parede vascular, comorbidades sistêmicas e aspectos relacionados à técnica de punção e ao uso de anticoagulação.

Nesse contexto, compreender a fisiopatologia das complicações vasculares, identificar fatores predisponentes e adotar estratégias preventivas baseadas em evidências são etapas essenciais para otimizar os resultados e reduzir eventos adversos. A literatura contemporânea enfatiza a importância da escolha criteriosa do acesso vascular, da utilização de métodos guiados por imagem e do manejo individualizado da

terapia antitrombótica como pilares para a segurança e eficácia dos procedimentos.

Assim, o presente estudo tem como objetivo revisar as principais complicações vasculares associadas à cardiologia intervencionista, discutindo seus mecanismos fisiopatológicos, fatores de risco, estratégias de prevenção e condutas de manejo, à luz das evidências científicas mais recentes.

MÉTODO

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão integrativa da literatura científica, elaborada com o objetivo de analisar as principais complicações relacionadas aos procedimentos de cardiologia intervencionista, bem como as estratégias atuais de prevenção e manejo adotadas na prática clínica. Busca-se identificar avanços tecnológicos, protocolos de segurança e abordagens terapêuticas que minimizem eventos adversos e otimizem os desfechos clínicos dos pacientes submetidos a intervenções cardiovasculares.

A pesquisa foi realizada no mês de outubro de 2025, abrangendo publicações científicas dos últimos cinco anos (2020–2025), com o intuito de garantir atualidade, relevância clínica e consistência metodológica dos estudos incluídos.

As buscas foram conduzidas nas principais bases de dados biomédicas e multidisciplinares, incluindo PubMed, Scopus, *Web of Science*, Elsevier, *ScienceDirect*, SciELO, *Cochrane Library*, MEDLINE, LILACS e Google Acadêmico. Para a identificação dos estudos pertinentes, foram utilizados descritores controlados combinados com operadores booleanos, de acordo com a seguinte estratégia de busca: (“*interventional cardiology*” OR “*cardiac catheterization*” OR “*percutaneous coronary intervention*”) AND (“*complications*” OR “*adverse*”).

events” OR “prevention strategies” OR “management”).

Após a busca, os estudos foram submetidos a um processo de seleção criterioso, que incluiu a leitura de títulos e resumos e, posteriormente, a análise completa dos textos que apresentaram relevância temática e qualidade metodológica. Foram incluídos artigos em português e inglês, abrangendo ensaios clínicos, revisões sistemáticas, estudos observacionais, diretrizes internacionais e relatos de caso que abordassem complicações mecânicas, hemorrágicas, trombóticas e infecciosas em cardiologia intervencionista, bem como suas estratégias de prevenção e manejo clínico ou intervencionista.

Foram excluídas publicações que não apresentassem relação direta com o tema, que não estivessem disponíveis em texto completo ou que evidenciassem fragilidades metodológicas significativas.

Os dados selecionados foram analisados e sintetizados de maneira crítica e integrativa, com o objetivo de identificar padrões de ocorrência, medidas preventivas, condutas terapêuticas e lacunas existentes na literatura atual. Essa abordagem permitiu compreender a evolução das estratégias de segurança em cardiologia intervencionista, além de oferecer subsídios científicos para a prática clínica e para o aprimoramento dos protocolos de prevenção e manejo de complicações cardiovasculares.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados neste capítulo visam sintetizar as evidências científicas mais recentes relacionadas às complicações em procedimentos de cardiologia intervencionista, com ênfase nas estratégias de prevenção e manejo clínico que têm demonstrado impacto positivo na redução da morbimortalidade cardiovascular.

Para melhor compreensão, os achados foram organizados segundo a natureza e a cronologia das complicações observadas. Inicialmente, são descritos os eventos vasculares associados ao acesso arterial e venoso, seguidos das complicações tromboembólicas e hemorrágicas, que permanecem entre as principais causas de morbidade pós-procedimento. Na sequência, são apresentados os eventos relacionados aos dispositivos e às intervenções percutâneas, além das complicações periprocedimento, como arritmias e isquemia miocárdica. Por fim, são abordadas as estratégias multidisciplinares e tecnológicas de prevenção e monitoramento, que integram aspectos clínicos, farmacológicos e estruturais do cuidado intervencionista.

A análise conjunta desses dados permite compreender os principais fatores preditores de complicações e direcionar condutas baseadas em evidências, fortalecendo a segurança do paciente e a tomada de decisão clínica. Os resultados a seguir sintetizam os padrões observados na literatura atual e evidenciam a importância da integração entre tecnologia, farmacologia e protocolos assistenciais para otimizar o cuidado em cardiologia intervencionista.

Definição e panorama da cardiologia intervencionista

A cardiologia intervencionista é uma subespecialidade da cardiologia focada na realização de procedimentos minimamente invasivos para diagnóstico e tratamento de doenças cardiovasculares (VAN BELLE *et al.*, 2021). Esses procedimentos incluem intervenções coronárias percutâneas, como angioplastia e implante de *stents*, além de tratamentos para doenças valvulares estruturais, insuficiência cardíaca e doenças vasculares periféricas (ALI *et al.*, 2021). Os cardiologistas intervencionistas devem ser capazes de realizar procedimentos de forma inde-

pendente, com supervisão mínima, e possuir habilidades para lidar com complicações e realizar avaliações invasivas, como imagens intracoronárias e testes fisiológicos. Além disso, é essencial que esses profissionais participem de programas de treinamento estruturados, com supervisão direta, garantindo a prática segura e eficaz da cardiologia intervencionista (VAN BELLE *et al.*, 2021).

Nos últimos anos, a especialidade evoluiu rapidamente, expandindo-se de procedimentos coronarianos básicos para o tratamento de lesões complexas, como oclusões coronárias crônicas (CTO) e intervenções estruturais por via transcateter. Registros multicêntricos latino-americanos demonstraram progressos significativos na técnica e nos resultados clínicos, com taxas de sucesso técnico superiores a 80% e mortalidade hospitalar inferior a 1% (SILVA *et al.*, 2023).

A incorporação de métodos avançados de imagem intravascular, como IVUS e OCT, revolucionou a cardiologia intervencionista contemporânea. Esses métodos permitem uma avaliação detalhada da morfologia das placas ateroscleróticas e da expansão dos stents, reduzindo eventos isquêmicos e melhorando o prognóstico dos pacientes (TRUESDELL *et al.*, 2023). Estudos recentes reforçam que o uso sistemático dessas tecnologias está associado à otimização dos resultados clínicos e à redução da reestenose coronariana (ESCANED *et al.*, 2022).

Nas intervenções estruturais, destaca-se o avanço do *Transcatheter Aortic Valve Replacement* (TAVR), que passou a ser uma opção segura e eficaz para pacientes com estenose aórtica grave, inclusive em populações de baixo risco cirúrgico. Ensaios clínicos recentes demonstraram resultados favoráveis quanto à mortalidade e complicações periprocedimento,

consolidando o TAVR como padrão terapêutico em muitos centros (MACK *et al.*, 2023).

Durante a pandemia de Covid-19, a cardiologia intervencionista enfrentou desafios sem precedentes. O Registro Brasileiro de Cardiologia Intervencionista durante a pandemia de Covid-19 revelou a capacidade de adaptação dos serviços de hemodinâmica, mantendo padrões de segurança e eficácia mesmo diante das restrições sanitárias (LEMKE *et al.*, 2023). Essa experiência ressaltou a importância de protocolos de triagem e da reorganização da assistência cardiovascular em situações de crise.

A partir de 2020, também se intensificou a integração entre cardiologia intervencionista e IA. Aplicações de IA têm sido exploradas na interpretação automatizada de imagens intravasculares, na predição de complicações e na seleção de dispositivos personalizados para cada paciente (NZEAKO *et al.*, 2024).

A cardiologia intervencionista contemporânea é campo de rápido desenvolvimento, integrando inovação tecnológica, medicina baseada em evidências e atenção à segurança do paciente. Os avanços dos últimos cinco anos (2020-2025) reforçam a tendência de expansão das indicações, maior refinamento das técnicas guiadas por imagem e uma crescente colaboração entre pesquisadores, sociedades científicas e sistemas de saúde para garantir adoção segura e equitativa dessas intervenções (MACK *et al.*, 2023; TRUESDELL *et al.*, 2023).

Epidemiologia e perfil dos pacientes submetidos a intervenções

A epidemiologia das internações em cardiologia intervencionista reflete o perfil dos pacientes submetidos a procedimentos como a angioplastia coronária percutânea (PCI) e intervenções estruturais cardíacas. Os pacientes internados geralmente apresentam idade avançada,

múltiplas comorbidades (como diabetes, insuficiência renal, doença arterial periférica e insuficiência cardíaca) e histórico de doença coronariana ou síndromes coronarianas agudas. O aumento da complexidade clínica e anatômica desses pacientes tem contribuído para maior risco de complicações e necessidade de internação prolongada (ACC, 2022).

Segundo o *American College of Cardiology*, a *Society for Cardiovascular Angiography & Interventions* e a *American Heart Association*, as complicações maiores durante PCI variam de 0,2 a 3,2%, sendo mais frequentes em casos de infarto agudo do miocárdio ou procedimentos de alto risco. As complicações incluem perfuração coronária, dissecação arterial, eventos trombóticos, choque hemodinâmico, acidente vascular cerebral, complicações no sítio de acesso vascular e nefropatia induzida por contraste. Pacientes com maior risco de complicações são aqueles com doença coronariana extensa, lesões complexas, função ventricular reduzida e múltiplas comorbidades (ACC, 2022).

O perfil epidemiológico dos pacientes internados após procedimentos intervencionistas é marcado por alta prevalência de fatores de risco cardiovascular, maior idade, e presença de doença coronariana multivasos ou lesões complexas. A identificação precoce desses pacientes e a adoção de estratégias de prevenção e manejo de complicações são essenciais para otimizar os resultados clínicos e reduzir a morbidade associada à internação (ACC, 2022).

Complicações vasculares: incidência, prevenção e condutas

As complicações vasculares englobam um conjunto heterogêneo de condições patológicas que comprometem a integridade funcional e estrutural do sistema circulatório, podendo decorrer tanto de processos fisiopatológicos intrínsecos, como aterosclerose, trombose, embolia e

formação de aneurismas, quanto de causas iatrogênicas, relacionadas a intervenções diagnósticas e terapêuticas invasivas. No âmbito clínico, representam eventos de alta relevância epidemiológica, associando-se a elevados índices de morbimortalidade, incapacidade funcional e aumento dos custos hospitalares (MEIJERS *et al.*, 2023).

As manifestações dessas complicações variam desde fenômenos microvasculares, como retinopatia e nefropatia diabéticas, até eventos macrovasculares graves, como acidente vascular cerebral, infarto agudo do miocárdio, isquemia crítica de membros e aneurisma de aorta. Essas entidades, além de constituírem causas primárias de morbidade cardiovascular, também predis põem maior risco de complicações secundárias quando o paciente é submetido a procedimentos invasivos, configurando um ciclo patológico de vulnerabilidade vascular (ELTELBANY *et al.*, 2024).

Na perspectiva intervencionista, as complicações vasculares assumem um caráter iatrogênico e representam um dos principais desafios da cardiologia moderna. Os procedimentos percutâneos, embora essenciais no tratamento de doenças coronarianas e estruturais, implicam manipulação direta do sistema vascular, o que pode resultar em lesões mecânicas, dissecações, hematomas, pseudoaneurismas, trombooses ou fístulas arteriovenosas. A incidência desses eventos varia conforme o sítio de acesso, o calibre dos introdutores, a técnica empregada e as características clínicas do paciente (ALEXANDROU *et al.*, 2025). Registros contemporâneos demonstram que as complicações relacionadas ao acesso arterial ocorrem em cerca de 0,9 a 5% dos casos de cardiologia intervencionista, sendo mais frequentes nos acessos femorais do que nos radiais, principalmente em procedimentos que exigem dispositivos de grande calibre (PA-

RAGGIO *et al.*, 2024). Além de aumentar a duração da internação hospitalar e a necessidade de transfusões, esses eventos estão fortemente associados à maior mortalidade hospitalar e a desfechos adversos a longo prazo.

O risco de complicações vasculares está condicionado a uma interação complexa entre fatores biológicos e técnicos. Do ponto de vista clínico, o envelhecimento, o sexo feminino, o diabetes mellitus, a hipertensão arterial, a obesidade e a insuficiência renal crônica são determinantes importantes, uma vez que promovem alterações estruturais da parede vascular, como espessamento íntimo-medial, calcificação e redução da elasticidade arterial (MEIJERS *et al.*, 2023). Do ponto de vista hemodinâmico, essas alterações reduzem a capacidade adaptativa do vaso e dificultam a obtenção de hemostasia após a punção. Entre os fatores técnicos, destacam-se a ausência de orientação ultrassonográfica durante a punção, o uso de introdutores de grande diâmetro, a punção em localização inadequada e o emprego de anticoagulação plena ou múltiplos agentes antiplaquetários, os quais aumentam substancialmente o risco de sangramento e pseudoaneurisma (ELTELBANY *et al.*, 2024).

A fisiopatologia das complicações vasculares, tanto espontâneas quanto iatrogênicas, fundamenta-se na disfunção endotelial e na perda da integridade da parede vascular. No contexto das doenças sistêmicas, processos inflamatórios crônicos, como a aterogênese, levam à deposição lipídica subendotelial, ativação plaquetária e remodelamento arterial. Esses mecanismos favorecem o desenvolvimento de trombose e embolia, que são as bases fisiopatológicas das principais síndromes isquêmicas agudas. Em paralelo, na cardiologia intervencionista, o trauma mecânico decorrente da punção ou da inserção de dispositivos pode gerar lesões endoteli-

ais agudas, ativação local da cascata de coagulação e extravasamento de sangue, resultando em hematomas, pseudoaneurismas ou fístulas (PARAGGIO *et al.*, 2024).

Entre as complicações mais comuns associadas aos procedimentos, o hematoma local é a mais frequentemente observada, podendo variar de pequenas coleções autolimitadas até extensos acúmulos retroperitoneais com risco de choque hemorrágico. O pseudoaneurisma ocorre quando há ruptura parcial da parede arterial, mantendo-se a comunicação com o lúmen, e manifesta-se clinicamente como massa pulsátil dolorosa com sopro contínuo à ausculta. Já as fístulas arteriovenosas resultam da comunicação direta entre artéria e veia, causada por punção inadvertida simultânea, e podem evoluir com edema, dor e, em casos de alto fluxo, sobrecarga cardíaca (ELTELBANY *et al.*, 2024). Outras complicações menos frequentes, como dissecação arterial e trombose do acesso, podem ocasionar isquemia aguda de membro e requerem intervenção imediata, incluindo anticoagulação ou reparo cirúrgico (RIGGIO, 2025).

A prevenção das complicações vasculares, independentemente de sua etiologia, exige estratégias integradas que unam controle clínico, técnica apurada e uso racional de tecnologias. Em termos de prevenção primária, o manejo adequado dos fatores de risco cardiovasculares, como a cessação do tabagismo, o controle glicêmico e pressórico e a terapia antiplaquetária racional, é essencial para reduzir a incidência de eventos vasculares espontâneos e melhorar a resposta do endotélio a procedimentos invasivos. No campo da prevenção secundária e terciária, relacionada aos procedimentos percutâneos, o uso de acesso radial tem demonstrado superioridade em relação ao femoral na redução de complicações hemorrágicas, além de proporcionar maior conforto ao paciente e deambulação precoce (MEIJERS *et al.*, 2023). Nos casos

em que o acesso femoral é imprescindível, recomenda-se a punção guiada por ultrassonografia e a seleção cuidadosa do ponto de entrada, preferencialmente na artéria femoral comum, evitando-se punções muito altas, que aumentam o risco de sangramento retroperitoneal, e punções muito baixas, que favorecem o desenvolvimento de pseudoaneurismas (PAVEL *et al.*, 2025).

Os dispositivos de fechamento vascular constituem outro avanço relevante na prevenção dessas complicações, permitindo hemostasia mais rápida e redução do tempo de imobilização. Entretanto, seu uso requer capacitação técnica adequada, pois falhas de implantação podem causar obstrução arterial, embolização ou infecção local (PARAGGIO *et al.*, 2024). Além disso, a individualização da anticoagulação e da terapia antiplaquetária, ajustando-as à função renal e ao risco hemorrágico, é indispensável para equilibrar a prevenção de trombose com a segurança hemostática (ALEXANDROU *et al.*, 2025).

O manejo das complicações já instaladas depende da gravidade e da repercussão hemodinâmica. Hematomas superficiais e autolimitados podem ser tratados com compressão local e observação clínica, enquanto sangramentos extensos, pseudoaneurismas de grande diâmetro e dissecções arteriais exigem abordagem intervencionista ou cirúrgica. Pseudoaneurismas podem ser tratados de forma minimamente invasiva por compressão dirigida ou injeção de trombina sob ultrassonografia, enquanto as fistulas de alto fluxo requerem correção endovascular (ELTELBANY *et al.*, 2024). A detecção precoce é determinante para o sucesso terapêutico, e a literatura recente enfatiza o papel da monitorização hemodinâmica nas primeiras 12 horas após o procedimento como estratégia eficaz para identificação rápida de sangramentos ocultos (MEIJERS *et al.*, 2023).

A consolidação das evidências recentes demonstra que as complicações vasculares devem ser compreendidas como fenômenos multifatoriais, que abrangem tanto aspectos clínico-patológicos quanto iatrogênicos. A prevenção efetiva demanda uma abordagem interdisciplinar, integrando medidas de controle clínico dos fatores de risco, técnicas intervencionistas guiadas por imagem, protocolos assistenciais padronizados e capacitação contínua das equipes de saúde. A cardiologia intervencionista contemporânea avança no sentido de não apenas tratar as doenças vasculares, mas também de preservar a integridade do sistema vascular frente às intervenções necessárias, reafirmando o papel central da segurança e da qualidade assistencial no cuidado cardiovascular moderno (MEIJERS *et al.*, 2023; ELTELBANY *et al.*, 2024; PAVEL *et al.*, 2025).

Complicações tromboembólicas e hemorrágicas

A prevenção de eventos isquêmicos e minimização de sangramentos, com o intuito de diminuir a morbidade e mortalidade dos pacientes em procedimentos na cardiologia intervencionista é um desafio na medicina moderna.

Com base em procedimentos como ICP, implante transcaterter de valva aórtica (TAVI e TAVR) e a oclusão do apêndice atrial esquerdo (OAAE), podemos obter estratégias de prevenção e tratamento para conduzir as técnicas minimamente invasivas com mais segurança.

A estratégia terapêutica para a síndrome coronariana aguda (SCA) é fundamentada em indicações clínicas e no consenso da equipe multidisciplinar centrada no paciente. A aplicação da ICP é associada à terapia antitrombótica e percebe-se uma redução dos riscos de isquemia miocárdica. No entanto, observa-se um aumen-

to de eventos hemorrágicos que impacta negativamente a sobrevida dos pacientes (TARASOUTCHI *et al.*, 2020).

Um dos grandes desafios atuais na cardiologia intervencionista, principalmente na ICP, são as complicações hemorrágicas e tromboembólicas. O manejo é baseado nos cuidados entre o risco de trombose de *stent* na ICP e o risco de sangramento no procedimento cirúrgico. A principal complicação após a ICP é a trombose de *stent*. Além disso, a interrupção precoce dos medicamentos com ação dupla antiagregação plaquetária (DAPT) pode alterar e comprometer os riscos no período perioperatório (CALDERARO *et al.*, 2022).

O local de acesso vascular, radial ou femoral, nos procedimentos de ICP, constitui uma das principais causas de sangramento e responde por cerca de 30 a 70% das complicações. Por essa razão, preferencialmente o acesso radial é recomendado em pacientes submetidos à ICP, com o objetivo de diminuir eventos hemorrágicos, complicações vasculares e mortalidade (BYRNE *et al.*, 2023).

No contexto do implante de válvula aórtica transcater (TAVI), os eventos tromboembólicos e hemorrágicos estão entre as principais preocupações para a cardiologia intervencionista. Na TAVI, observou-se que 13% dos pacientes apresentam espessamento dos folhetos valvares; quando associado à presença de trombos, verificou-se um aumento na incidência de ataques isquêmicos transitórios e acidentes vasculares cerebrais. O estudo GALILEO, que avaliou uma estratégia com rivaroxabana, foi interrompido devido ao aumento de eventos trombóticos no grupo que recebeu o anticoagulante em comparação com a terapia de dupla antiagregação plaquetária. Além disso, o estudo apontou um aumento de eventos hemorrágicos no grupo que utilizou rivaroxabana. Assim, o manejo dos riscos envolve uma seleção mais criteriosa da

terapia antitrombótica, além de um monitoramento rigoroso e individualizado (TARASOUTCHI *et al.*, 2020).

Na OAAE, que visa à prevenção de acidentes vasculares cerebrais em pacientes com fibrilação atrial e alto risco de sangramento, a incidência de trombos relacionados ao dispositivo varia de 1,7% a 3,9%. A redução dos riscos de sangramento em comparação com a anticoagulação oral a longo prazo mostra resultados significativos. No entanto, a dificuldade de prever o tempo, os padrões e os eventos adversos associados ao procedimento desafia o tratamento e o manejo clínico (ALKHOULI *et al.*, 2023).

O progresso na cardiologia intervencionista ao longo dos anos visa diminuir os riscos tromboembólicos e hemorrágicos. O desenvolvimento de uma abordagem padronizada e personalizada, de acordo com novas evidências, promove uma segurança paulatinamente com a evolução dos procedimentos. Portanto, é desafiadora a otimização da segurança em pacientes complexos e de alto risco.

Eventos relacionados ao dispositivo e ao procedimento

Os avanços recentes em cardiologia intervencionista transformaram o manejo de doenças cardíacas estruturais e coronarianas, permitindo que procedimentos antes restritos à cirurgia aberta sejam realizados por via percutânea. Entretanto, a incorporação de dispositivos intracardíacos e endovasculares trouxe consigo um novo espectro de complicações diretamente relacionadas tanto à tecnologia empregada quanto à técnica de implantação.

Durante a pandemia de Covid-19, estudos multicêntricos brasileiros demonstraram aumento na incidência de complicações cardiovasculares e não cardiovasculares após procedimentos intervencionistas, particularmente em pacientes com infarto agudo do miocárdio

(IAM). No Registro Brasileiro de Cardiologia Intervencionista (RBCI-Covid-19), que incluiu 1.282 pacientes submetidos a intervenções percutâneas, todas as mortes foram precedidas por complicações, sendo as mais frequentes a revascularização repetida, o tamponamento cardíaco, o sangramento procedural e a insuficiência cardíaca aguda (LEMKE *et al.*, 2020). A presença concomitante de infecção por SARS-CoV-2 esteve associada a um aumento de até cinco vezes na mortalidade e a maior incidência de complicações não fatais, como sepse e choque séptico, reforçando o impacto sistêmico das condições clínicas sobre os desfechos dos procedimentos (LEMKE *et al.*, 2020).

Entre os eventos diretamente atribuídos ao procedimento ou ao dispositivo, destacam-se as complicações vasculares de acesso, trombose intracoronária, sangramento periprocedimento e reestenose do *stent*. No contexto da pandemia, o atraso no tempo porta-balão superior a 12 horas em pacientes com IAM sem supradesnivelamento do segmento ST (IAMSSST) esteve associado a 30,8% de complicações, demonstrando a importância do tempo e da logística na ocorrência de eventos adversos (LEMKE *et al.*, 2020). Além disso, análises de correspondência do mesmo registro associaram o número de *stents* implantados e a necessidade de múltiplas próteses ao aumento do risco combinado de complicações e óbito.

No tratamento da doença de tronco de coronária esquerda (LMCAD), os principais ensaios clínicos randomizados comparando a ICP e a cirurgia de revascularização do miocárdio (CRM) mostraram taxas semelhantes de mortalidade global e acidente vascular cerebral, mas maior incidência de revascularização repetida e trombose de *stent* entre os pacientes tratados com ICP (MARTINS, 2022). Esses eventos refletem a natureza mecânica e hemodinâmica das complicações relacionadas ao dispositivo,

frequentemente dependentes da anatomia coronariana e da técnica empregada. Embora a ICP represente alternativa viável à cirurgia em pacientes selecionados, a maior necessidade de reintervenção e a chance de falha do *stent* devem ser ponderadas na escolha terapêutica (MARTINS, 2022).

No campo das valvopatias, a substituição valvar aórtica transcater (TAVI) consolidou-se como alternativa menos invasiva à cirurgia aberta, com resultados de mortalidade equivalentes e menor tempo de internação. O estudo *UK TAVI Trial*, com 913 pacientes, demonstrou mortalidade em 1 ano de 4,6% no grupo TAVI *versus* 6,6% na cirurgia, confirmando a não inferioridade da técnica percutânea (TOFF *et al.*, 2022). Contudo, foram observadas complicações específicas ao procedimento, como eventos vasculares maiores (10,3%), necessidade de implante de marcapasso definitivo (14,2%) e regurgitação aórtica residual (38,3% leve, 2,3% moderada). Tais achados refletem o risco inerente à manipulação valvar e ao impacto do dispositivo sobre o sistema de condução cardíaca. Em contrapartida, o TAVI apresentou menos sangramento significativo (7,2% *versus* 20,2% na cirurgia) e internação reduzida (3 dias *versus* 8 dias), confirmando sua segurança global, embora com perfis distintos de complicações (TOFF *et al.*, 2022).

Resultados complementares do ensaio TAVR UNLOAD, publicado em 2025, reforçam a segurança da abordagem percutânea em pacientes com insuficiência cardíaca e estenose aórtica moderada. Embora o procedimento não tenha demonstrado superioridade em mortalidade ou hospitalizações, foi considerado seguro e associado à melhora significativa da qualidade de vida (VAN MIEGHEM *et al.*, 2025). O estudo destacou, porém, a necessidade de acompanhamento rigoroso de possíveis eventos

adversos, incluindo lesões vasculares, distúrbios de condução e regurgitação paravalvar, reforçando que a experiência do operador e a seleção anatômica adequada são determinantes para reduzir complicações (VAN MIEGHEM *et al.*, 2025).

Outro campo relevante é a oclusão percutânea do apêndice atrial esquerdo (LAAO) em pacientes com fibrilação atrial e alto risco de sangramento. Embora o procedimento reduza o risco de acidente vascular cerebral, ele está sujeito a complicações como trombose sobre o dispositivo, embolização, perfuração cardíaca e tamponamento, eventos que reforçam a necessidade de anticoagulação controlada e uso de imagem intracardíaca durante o implante (LIP *et al.*, 2023). O domínio técnico e o uso de dispositivos de última geração têm reduzido tais complicações, mas a vigilância pós-procedimento segue sendo essencial para garantir segurança e durabilidade terapêutica. Portanto, os eventos relacionados ao dispositivo e ao procedimento em cardiologia intervencionista representam uma dimensão inevitável da prática moderna, refletindo o equilíbrio entre o avanço tecnológico e o risco inerente à intervenção invasiva. As complicações vasculares, tromboembólicas e de falha mecânica do dispositivo continuam sendo foco de monitoramento e aprimoramento, enquanto novas estratégias de imagem, planejamento pré-procedimento e uso de inteligência artificial (IA) têm contribuído para reduzir eventos adversos e melhorar os resultados clínicos.

Complicações periprocedimento: arritmias e isquemia miocárdica

As complicações periprocedimento associadas à cardiologia intervencionista permanecem como um importante desafio clínico, especialmente no contexto da ICP e da cirurgia de revascularização do miocárdio (CABG). Dentre

as complicações mais relevantes, destacam-se as arritmias e a isquemia miocárdica, que podem ocorrer durante ou após o procedimento, influenciando diretamente a evolução clínica e a sobrevida dos pacientes. Ensaios clínicos randomizados de grande porte, como SYNTAX, EXCEL, NOBLE e PRECOMBAT, têm sido fundamentais para compreender a magnitude e o comportamento dessas complicações, fornecendo subsídios para decisões terapêuticas individualizadas (MARTINS, 2022).

De forma geral, os resultados desses estudos apontam que tanto a ICP quanto a CABG apresentam risco semelhante de infarto miocárdico ao longo do seguimento, embora a natureza e o momento da ocorrência desses eventos sejam distintos. Enquanto a ICP tende a apresentar maior incidência de complicações isquêmicas tardias, relacionadas à progressão da doença coronária ou reestenose, a CABG se associa mais frequentemente a eventos isquêmicos precoces, decorrentes do trauma cirúrgico e da manipulação miocárdica. Essa diferença temporal reflete mecanismos fisiopatológicos distintos e reforça a importância de uma abordagem terapêutica direcionada ao perfil de risco de cada paciente. Além disso, a maior necessidade de revascularização repetida após ICP tem implicações prognósticas e econômicas relevantes, destacando a importância de otimizar a seleção de casos e a técnica intervencionista (MARTINS, 2022).

As arritmias periprocedimento representam complicações clínicas significativas, especialmente durante a manipulação intracoronária. O estresse isquêmico, as alterações eletrolíticas e a lesão endotelial podem desencadear distúrbios do ritmo cardíaco transitórios, como taquiarritmias ventriculares e bradiarritmias, que exigem monitoramento contínuo e pronta intervenção. O *EAPCI Core Curriculum for Percutaneous Cardiovascular Interventions* reforça a

necessidade de o cardiologista intervencionista dominar o reconhecimento e o manejo dessas situações, além de trabalhar de forma integrada com especialistas em eletrofisiologia para a condução de casos mais complexos (EAPCI, 2020). Essa integração multidisciplinar é essencial para reduzir a morbimortalidade associada às complicações arrítmicas.

O manejo perioperatório em pacientes submetidos à ICP é particularmente desafiador, pois envolve o equilíbrio entre o controle do risco hemorrágico e a prevenção de eventos isquêmicos graves, como a trombose de *stent*. A Atualização da Diretriz de Avaliação Cardiovascular Perioperatória da Sociedade Brasileira de Cardiologia (2022) enfatiza que a suspensão precoce da DAPT é o principal fator associado à ocorrência de infarto agudo do miocárdio nesse contexto. O fenômeno reflete a complexa interação entre a resposta inflamatória cirúrgica, a ativação plaquetária e a instabilidade da placa aterosclerótica, que podem culminar em eventos trombóticos fatais. Assim, a manutenção da DAPT pelo tempo mínimo recomendado e a adoção de estratégias de ponte farmacológica em centros especializados são fundamentais para reduzir o risco de complicações isquêmicas no perioperatório (SBC, 2022).

O uso crescente de tecnologias de IA e *machine learning* (ML) tem ampliado a capacidade de prever e mitigar complicações como a isquemia e as arritmias em cardiologia intervencionista. Modelos preditivos baseados em IA podem integrar múltiplos parâmetros clínicos, hemodinâmicos e angiográficos, permitindo identificar pacientes com maior risco de eventos adversos antes da realização da ICP. Apesar de as melhorias preditivas em relação a métodos convencionais ainda serem discretas, essas ferramentas já demonstram valor diagnóstico significativo, especialmente na análise automatizada de angiogramas e na detecção precoce de

anormalidades eletrocardiográficas (NZEAKO *et al.*, 2023; BEN ALI *et al.*, 2024). Além disso, o monitoramento contínuo por dispositivos vestíveis integrados a algoritmos de *deep learning* tem se mostrado promissor na prevenção de arritmias graves, como a fibrilação atrial (NZEAKO *et al.*, 2023).

Por fim, o avanço das tecnologias robóticas e dos dispositivos de suporte circulatório mecânico representa um marco na prevenção e no manejo de complicações periprocedimento. A robótica intervencionista proporciona maior precisão, estabilidade e controle, diminuindo a exposição da equipe à radiação e reduzindo o risco de lesão vascular e isquemia miocárdica (VENTO *et al.*, 2023). Em procedimentos de alta complexidade, como a ICP em oclusões crônicas totais, o uso de dispositivos de suporte hemodinâmico, como a bomba de balão intra-aórtico e o Impella CP, tem se mostrado crucial para a manutenção da perfusão e prevenção de colapso circulatório (MEIJERS *et al.*, 2023). Assim, a combinação de inovação tecnológica e capacitação técnica, com abordagem multidisciplinar, constitui o alicerce do manejo moderno das complicações periprocedimento na cardiologia intervencionista.

Estratégias multidisciplinares de prevenção e monitoramento

A cardiologia intervencionista moderna, apesar de seus impressionantes avanços tecnológicos, percorre um cenário complexo onde o risco de complicações graves é uma realidade constante. Essa condição exige uma mudança de paradigma, saindo do cuidado tradicional para uma abordagem colaborativa que coloque a segurança do paciente em primeiro lugar. Dentro dessa nova visão de cuidado proativo, as equipes multidisciplinares, conhecidas como *Heart Teams*, formam a pedra angular para a tomada de decisões e o planejamento terapêutico

(RIOJAS *et al.*, 2024). A eficácia dessa abordagem já foi demonstrada na melhoria dos desfechos dos pacientes, garantindo uma visão completa e integrada do cuidado em todas as suas fases (ARJOMANDI RAD *et al.*, 2025).

A força de um *Heart Team* reside na sua composição diversificada, que reúne um espectro de conhecimentos para lidar com os múltiplos desafios do cuidado cardiovascular. O núcleo da equipe é tipicamente formado por cardiologistas intervencionistas, cirurgiões cardíacos e cardiologistas clínicos (RIOJAS *et al.*, 2024). Contudo, o sucesso da abordagem depende da integração de outros profissionais de saúde aliados, como enfermeiros, que são essenciais na educação e no monitoramento do paciente; farmacêuticos, que garantem a segurança da terapia medicamentosa; fisioterapeutas e nutricionistas, que orientam a recuperação e as mudanças no estilo de vida; e assistentes sociais, que consideram os determinantes sociais da saúde. Para que essa colaboração seja bem-sucedida, é fundamental que as equipes operem com fluxos de trabalho bem definidos, canais de comunicação claros, protocolos e reuniões periódicas, resultando em decisões mais coesas e consistentes (BORGES, 2025).

Essa postura proativa começa bem antes do paciente entrar na sala de hemodinâmica, com uma avaliação de risco detalhada e personalizada. Um passo crucial é identificar a vulnerabilidade a complicações específicas, como a lesão renal aguda associada ao contraste (LRA-AC) (LEGNAZZI *et al.*, 2020). Pesquisas mostram que o desenvolvimento de LRA-AC está ligado a piores resultados a longo prazo, como aumento da mortalidade e da necessidade de hospitalizações por insuficiência cardíaca, e esse risco se estende a todos os pacientes, não apenas àqueles com alto risco basal. Isso reforça a ideia de que a prevenção deve ser uma preocupação universal. As estratégias preventivas,

coordenadas pela equipe, incluem medidas comprovadas como hidratação, uso de estatinas e, de forma vital, a redução do volume de contraste utilizado (LEGNAZZI *et al.*, 2020).

Dentro da sala de procedimento, a equipe multidisciplinar mantém seu papel ativo na redução de riscos. A escolha do local de acesso vascular, por exemplo, é uma decisão estratégica. Atualmente, o acesso transradial (ATR) é preferido em relação ao femoral, por diminuir a incidência de sangramentos importantes e complicações no local de acesso. Ainda assim, com o avanço das técnicas, o acesso femoral continua sendo uma alternativa viável em situações clínicas específicas (HAMILTON *et al.*, 2026). Adicionalmente, tecnologias como o ultrassom intravascular (IVUS) e a avaliação fisiológica coronária (FFR) são ferramentas valiosas que permitem à equipe otimizar os resultados do implante de *stents* e, ao mesmo tempo, minimizar a dependência do contraste, possibilitando, em alguns casos, a realização de intervenções "zero-contraste" (LEGNAZZI *et al.*, 2020).

A vigilância no período pós-procedimento imediato é uma fase crítica, onde a abordagem multidisciplinar continua a demonstrar seu valor na prevenção secundária. O monitoramento contínuo dos sinais vitais, a inspeção do sítio de acesso vascular para detectar hematomas ou sangramentos e a atenção a qualquer sintoma de isquemia recorrente são essenciais para a segurança do paciente. A equipe de enfermagem, em particular, tem papel central na rápida identificação e comunicação dessas alterações. Olhando para além da alta hospitalar, o cuidado se estrutura em três pilares: modificações no estilo de vida, otimização da terapia farmacológica e a detecção de novos sintomas (WENNBORG *et al.*, 2025). O encaminhamento para um programa de reabilitação cardíaca é um exemplo perfeito de intervenção multidisciplinar, unindo exercício, educação e suporte psicossocial, com

comprovado benefício na redução da mortalidade e de novas hospitalizações (GERMAN *et al.*, 2022).

Finalmente, para garantir que essas estratégias sejam consistentemente aplicadas e aprimoradas, a gestão da qualidade e a melhoria contínua (CQI) funcionam como uma estrutura de governança. Esses processos dependem da sinergia de múltiplos profissionais para garantir a segurança no laboratório de hemodinâmica. A participação em grandes registros, como o NCDR, oferece um espelho para a instituição, permitindo comparar seu desempenho com padrões nacionais e identificar pontos de melhoria. Ferramentas como a revisão por pares (*peer review*) e as conferências de morbidade e mortalidade (M&M) promovem uma cultura de aprendizado e transparência, onde a equipe pode discutir abertamente os desfechos para encontrar falhas no sistema, e não para apontar culpados. Essa cultura de autoavaliação, impulsionada por uma liderança engajada, é o que realmente fortalece um programa de cardiologia intervencionista de excelência (LEGNAZZI *et al.*, 2020).

Perspectivas futuras e inovações no manejo de complicações

Sobre a IA e o aprendizado de máquina

A IA e o aprendizado de máquina (AM) constroem perspectivas futuras no manejo de complicações na cardiologia em seu setor de intervenção. Para tanto, o desenvolvimento tecnológico contínuo na área cardiológica levou à necessidade de uma seleção o mais precisa possível de medicamentos, dispositivos, estratégias clínicas e terapêuticas para adaptar as escolhas corretas para os pacientes. A IA pode impactar o desenvolvimento de novos modelos de cuidado ou ferramentas inteligentes de apoio à decisão para auxiliar os médicos no tratamento de

pacientes e prevenir recorrências de IC e hospitalizações (D'ASCENZO, 2022).

Dentro desse cenário tecnológico, várias aplicações de IA foram previstas em cardiologia intervencionista. Tais aplicações, em sua maioria, possuem como alvo a análise de conjuntos de dados cardiovasculares complexos, particularmente na detecção de cardiopatia isquêmica e na caracterização da morfologia da placa coronária. Embora a análise de imagens baseada em IA possa auxiliar na identificação de placas vulneráveis e na avaliação da gravidade das lesões, a validação no mundo real permanece limitada e frequentemente tendenciosa em relação a conjuntos de dados retrospectivos (BIONDI-ZOCCAI *et al.*, 2025).

Além do suporte ao procedimento, a IA se estende ao monitoramento e à reabilitação pós-procedimento, permitindo a avaliação automatizada de riscos e a detecção precoce de complicações. A análise preditiva poderia otimizar o gerenciamento pós-alta, mas sua integração à prática padrão é limitada pela baixa interpretabilidade, pela falta de confiança dos médicos e pela supervisão regulatória insuficiente. Sem validação externa em populações diversas e estudos prospectivos bem-sucedidos, a promessa de IA para aprimorar a cardiologia intervencionista permanece especulativa, em vez de transformadora (BIONDI-ZOCCAI *et al.*, 2025).

Ainda que haja a promessa especulativa, a IA e o AM podem ser cruciais para melhorar a previsão de risco, embora com resultados diferentes, e para aumentar a facilidade dos procedimentos intervencionistas e diagnósticos (D'ASCENZO, 2022).

Novos materiais e dispositivos

Acerca de novos materiais e dispositivos na área de complicações em cardiologia, a aplicação da tecnologia de impressão 3D na área cardiovascular representa um salto transformador

na medicina personalizada e nas intervenções terapêuticas. Essa tecnologia inovadora permite a fabricação precisa de modelos anatômicos específicos para cada paciente, oferecendo aos médicos ferramentas inestimáveis para o planejamento pré-operatório, educação médica e comunicação com os pacientes. No entanto, é importante reconhecer as limitações e os desafios atuais associados à tecnologia de impressão 3D em aplicações cardiovasculares (VENTO *et al.*, 2024).

A bioimpressão, por exemplo, ainda não foi amplamente utilizada na área cardiovascular devido a diversos fatores tecnológicos. Entre tais, encontra-se a limitação de construções teciduais projetadas com estruturas complexas, hierárquicas e biocompatíveis, seja por *stents*, válvulas protéticas e enxertos vasculares adaptados à anatomia individual do paciente. Há inúmeros desafios que dificultam a transição desses implantes para aplicações clínicas, e a engenharia de tecidos cardíacos continua sendo uma área de pesquisa ainda incipiente (VENTO *et al.*, 2024).

Apesar de apresentar limitações, atualmente, a principal aplicação da impressão 3D na área cardiovascular reside no treinamento e no planejamento antes da intervenção. Embora a impressão 3D permita a criação de modelos anatômicos que fornecem *insights* valiosos, vale ressaltar que a maioria dos modelos atuais é estática e pode não representar totalmente a natureza dinâmica dos tecidos patológicos ou normais (VENTO *et al.*, 2024).

Além disso, a impressão 3D abriu caminho para a biofabricação, permitindo a geração de construções de tecidos com propriedades biomiméticas para uso potencial na medicina regenerativa (VENTO *et al.*, 2024). Portanto, na medida que a tecnologia de impressão 3D continua se aperfeiçoando, sua integração no cam-

po cardiovascular torna-se promissora para melhorar os resultados dos pacientes por meio de abordagens personalizadas de medicina de precisão.

Procedimentos assistidos por robótica

No âmbito robótico, essa área favorece e permite movimentos mais precisos e controlados durante a intervenção cardiológica, reduzindo o risco de lesões e complicações. Além disso, a automação e a assistência robotizada oferecem maior estabilidade e controle em procedimentos complexos.

A intervenção coronária percutânea assistida por robô (R-PCI) é uma tecnologia emergente na terapêutica transcater. Ao permitir que cardiologistas intervencionistas manipulem fios-guia, cateteres e dispositivos de um *cockpit* próximo ou mesmo remoto, a R-PCI pode reduzir a exposição à radiação e minimizar o risco de ferimentos aos médicos (BIONDI-ZOCCAI *et al.*, 2025).

A integração da IA com R-PCI foi proposta para aprimorar o suporte à decisão em tempo real e automatizar ajustes processuais, ainda que com eficácia majoritariamente na parte teórica (BIONDI-ZOCCAI *et al.*, 2025). No entanto, como exemplo prático, o estudo PRECISE (*Percutaneous Robotically-Enhanced Coronary Intervention Study*) comparou a intervenção coronária percutânea realizada de forma robótica (R-PCI) com o procedimento manual (M-PCI). Conduzido em um único centro, o estudo analisou 80 pacientes consecutivos que receberam a M-PCI e os confrontou com 40 pacientes submetidos à R-PCI (KOULAOUZIDIS *et al.*, 2023).

Todos os participantes tinham em comum: doença arterial coronária obstrutiva de novo, estenose angiográfica superior a 50%, sinais de isquemia miocárdica e a necessidade de uma ICP em vaso único. Apenas dois procedimentos

que começaram com assistência robótica precisaram ser finalizados manualmente. Em todos os casos, a estenose residual final foi inferior a 30%. A R-PCI demonstrou uma tendência a diminuir o tempo de fluoroscopia, a exposição à radiação e o volume de contraste utilizado (KOLLAOUZIDIS *et al.*, 2023). No entanto, a automação levanta preocupações sobre se a conduta de erros orientados por IA são de responsabilidade do médico, do hospital ou do desenvolvedor da IA (BIONDI-ZOZZAI *et al.*, 2025).

Portanto, a IA e o AM, os novos materiais e dispositivos, e os procedimentos assistidos por robótica integram as perspectivas futuras e inovações no manejo de complicações na cardiologia intervencionista. São equitativos, sustentáveis e centrados na criança e na família, garantindo que sobreviver não seja apenas uma conquista biológica, mas também um caminho para uma vida plena e funcional.

CONCLUSÃO

A cardiologia intervencionista consolidou-se, nas últimas décadas, como uma das áreas mais inovadoras e transformadoras da medicina cardiovascular moderna, oferecendo alternativas terapêuticas menos invasivas, com menores índices de morbimortalidade e rápida recuperação funcional. Entretanto, como todo avanço tecnológico, os procedimentos percutâneos trazem consigo um espectro próprio de complicações, que requerem vigilância constante, atualização contínua dos profissionais e incorporação de protocolos de segurança baseados em evidências robustas. A compreensão da fisiopatologia das complicações vasculares, tromboembólicas, hemorrágicas e mecânicas é indispensável para que se alcancem resultados clínicos sustentáveis e seguros.

As evidências analisadas nesta revisão demonstram que o risco de complicações na cardiologia intervencionista é multifatorial, resultando da interação entre variáveis clínicas, anatômicas e técnicas. Fatores como idade avançada, comorbidades sistêmicas, fragilidade vascular e complexidade anatômica contribuem para a maior incidência de eventos adversos. Em paralelo, aspectos relacionados à técnica de punção, escolha do acesso, uso de anticoagulantes e experiência do operador exercem papel determinante na ocorrência e gravidade das complicações. Assim, a personalização das condutas, tanto na prevenção quanto no manejo, emerge como um dos pilares fundamentais para a redução de riscos.

Os avanços tecnológicos recentes, incluindo o uso de ultrassonografia para guiar o acesso vascular, a introdução de dispositivos de fechamento e a aplicação da inteligência artificial no planejamento e monitoramento dos procedimentos, representam conquistas relevantes no aumento da segurança e precisão da prática intervencionista. Da mesma forma, o desenvolvimento de dispositivos intracardíacos de nova geração e o aperfeiçoamento das terapias antitrombóticas têm permitido resultados mais previsíveis e duradouros. Contudo, tais inovações só atingem seu potencial máximo quando acompanhadas por protocolos rigorosos de treinamento e certificação profissional.

A integração de equipes multiprofissionais, estruturadas sob o modelo de *Heart Teams*, constitui outro avanço essencial para a mitigação de complicações. A colaboração entre cardiologistas intervencionistas, cirurgiões cardiovasculares, intensivistas, enfermeiros e demais profissionais de saúde proporciona uma visão global do paciente, promovendo decisões mais seguras e individualizadas. Essa abordagem colaborativa também facilita a implementação de

programas de monitoramento clínico e de qualidade assistencial, permitindo detectar precocemente complicações e reduzir o impacto de eventos adversos sobre a mortalidade e a qualidade de vida.

A análise das complicações periprocedimento, como arritmias e isquemia miocárdica, reforça a importância da estratificação de risco, do uso de suporte hemodinâmico quando indicado e da manutenção da terapia antiplaquetária conforme diretrizes atualizadas. A cardiologia intervencionista moderna exige não apenas excelência técnica, mas também julgamento clínico refinado e capacidade de resposta rápida frente a intercorrências agudas. O futuro da especialidade, portanto, repousa na integração entre ciência, tecnologia e prática clínica responsável, com ênfase na segurança, na ética e na centralidade do paciente.

Em síntese, as complicações em cardiologia intervencionista, embora inerentes à natureza invasiva dos procedimentos, podem ser amplamente prevenidas e manejadas com base em estratégias multidisciplinares, tecnologia de ponta e protocolos bem estabelecidos. A continuidade do progresso nessa área dependerá da consolidação de práticas assistenciais padronizadas, do investimento em capacitação profissional e da incorporação de inovações que priorizem a segurança do paciente. A cardiologia intervencionista, ao unir precisão técnica e cuidado humano, reafirma seu papel como pilar da medicina cardiovascular contemporânea e horizonte promissor para o futuro da terapêutica cardiovascular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEXANDROU, M. *et al.* Vascular access-site complications in chronic total occlusion percutaneous coronary intervention. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, v. 105, p. 1578, 2025. doi: 10.1002/ccd.31501.
- ALKHOULI, M. *et al.* Trombo relacionado a dispositivo após oclusão do apêndice atrial esquerdo: impacto clínico, preditores, classificação e tratamento. *JACC: Cardiovascular Interventions*, v. 16, p. 2695, 2023. doi: 10.1016/j.jcin.2023.10.046.
- ARJOMANDI RAD, A. *et al.* The current state of the multidisciplinary heart team approach: a systematic review. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*, v. 67, 2024. doi: 10.1093/ejcts/ezae461.
- BEN ALI, W. *et al.* Implementing machine learning in interventional cardiology: the benefits are worth the trouble. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, v. 8, 2021. doi: 10.3389/fcvm.2021.711401.
- BIONDI-ZOCCAI, G. *et al.* Inteligência artificial em cardiologia: perspectivas gerais e foco em cardiologia intervencionista. *Anatolian Journal of Cardiology*, v. 29, p. 152, 2025. doi: 10.14744/AnatolJCardiol.2025.5237.
- BYRNE, R. *et al.* ESC guidelines for the management of acute coronary syndromes: developed by the task force on the management of acute coronary syndromes of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*, v. 44, p. 3720, 2023. doi: 10.1093/eurheartj/ehad191.
- CALDERARO, D. *et al.* Atualização da diretriz de avaliação cardiovascular perioperatória da Sociedade Brasileira de Cardiologia: foco em manejo dos pacientes com intervenção coronária percutânea – 2022. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 118, p. 536, 2022. doi: 10.36660/abc.20220039.
- D'ASCENZO, F. Inteligência artificial em cardiologia: a próxima grande novidade? *Minerva Cardiology and Angiology*, v. 70, p. 65, 2022. doi: 10.23736/S2724-5683.21.05788-4.
- ELTELBANY, M. *et al.* Best practices for vascular arterial access and closure. *Cardiovascular Medicine*, v. 9, 2024. doi: 10.3389/fcvm.2024.1349480.
- ESCANED, J. *et al.* The year in cardiovascular medicine 2021: interventional cardiology. *European Heart Journal*, v. 43, p. 377, 2022. doi: 10.1093/eurheartj/ehab884.
- GERMAN, C.A. *et al.* Defining preventive cardiology: a clinical practice statement from the American Society for Preventive Cardiology. *American Journal of Preventive Cardiology*, v. 12, 2022. doi: 10.1016/j.ajpc.2022.100432.
- HAMILTON, G.W. *et al.* Radial versus femoral access for percutaneous coronary intervention in patients with chronic coronary disease. *American Journal of Cardiology*, v. 258, p. 63, 2025. doi: 10.1016/j.amjcard.2025.08.038.
- KOULAOUZIDIS, G. *et al.* Robotic-assisted solutions for invasive cardiology, cardiac surgery and routine on-ward tasks: a narrative review. *Journal of Cardiovascular Development and Disease*, v. 10, p. 399, 2023. doi: 10.3390/jcdd10090399.
- LEGNAZZI, M. *et al.* Prevenção de lesão renal aguda induzida por contraste em pacientes submetidos a intervenção coronária percutânea. *Kardiologia Polska*, v. 78, p. 967, 2020. doi: 10.1590/0034-7167-2020-0190.
- LEMKE, V.G. *et al.* Brazilian registry of interventional cardiology during the COVID-19 pandemic (RBCI-COVID19). *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 120, 2023. doi: 10.36660/abc.20220840.
- LIP, G.Y.H. *et al.* Atrial fibrillation and stroke: current evidence, management and future directions. *Progress in Cardiovascular Diseases*, v. 75, p. 102, 2023. doi: 10.1016/j.cpcardiol.2023.102181.
- MACK, M.J. *et al.* Transcatheter aortic-valve replacement in low-risk patients at five years. *The New England Journal of Medicine*, v. 389, p. 1949, 2023. doi: 10.1056/NEJMoa2307447.
- MARTINS, M.N. Percutaneous coronary intervention versus coronary artery bypass grafting in left main coronary artery disease: a review. *Revista Portuguesa de Cardiologia*, v. 41, p. 567, 2022. doi: 10.1016/j.repc.2021.06.026.
- MEIJERS, T.A. *et al.* Vascular access in percutaneous coronary intervention of coronary arteries: complications and outcomes. *Circulation: Cardiovascular Interventions*, v. 16, 2023. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.123.013009.
- NZEAKO, T.R. *et al.* Artificial intelligence in interventional cardiology: a review of its role in diagnosis, decision-making, and procedural precision. *Annals of Medicine and Surgery*, v. 87, p. 5720, 2025. doi: 10.1097/MS9.0000000000003602.
- PARAGGIO, L. *et al.* Femoral large bore sheath management: how to prevent vascular complications. *Circulation: Cardiovascular Interventions*, v. 17, 2024. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.124.014156.
- PAVEL, F. *et al.* Ultrasound-guided femoral venous access decreases vascular complications in electrophysiology procedures. *Scientific Reports*, v. 15, 2025. doi: 10.1038/s41598-025-21481-w.

- RIOJAS, R.A. *et al.* The heart team: the multidisciplinary approach to coronary artery disease. *Vessel Plus*, v. 8, p. 6, 2024. doi: 10.20517/2574-1209.2023.122.
- SILVA, A.C.B. *et al.* Overview of percutaneous coronary interventions for chronic total occlusions treated at Brazilian centers participating in the LATAM CTO registry. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 120, 2023. doi: 10.36660/abc.20210462.
- TARASOUTCHI, F. *et al.* Update of the brazilian guidelines for valvular heart disease 2020. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 115, p. 720, 2020. doi: 10.36660/abc.20201047.
- TOFF, W.D. *et al.* Effect of transcatheter aortic valve implantation vs surgical aortic valve replacement on all-cause mortality in patients with aortic stenosis: a randomized clinical trial. *JAMA*, v. 327, p. 1870, 2022. doi: 10.1001/jama.2022.5776.
- TRUESDELL, A.G. *et al.* Intravascular imaging during percutaneous coronary intervention: JACC state-of-the-art review. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 81, p. 590, 2023. doi: 10.1016/j.jacc.2022.11.045.
- VAN BELLE, E. *et al.* EAPCI core curriculum for percutaneous cardiovascular interventions (2020): committee for education and training European association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI). A branch of the European society of cardiology. *EuroIntervention: journal of EuroPCR in collaboration with the Working Group on Interventional Cardiology of the European Society of Cardiology*, v. 17, p. 23, 2021. doi: 10.4244/EIJ-D-18-00448.
- VAN MIEGHEM, N.M. *et al.* Transcatheter aortic valve replacement in patients with systolic heart failure and moderate aortic stenosis: TAVR UNLOAD. *Journal of the American College of Cardiology*, v. 85, p. 125, 2025. doi: 10.1016/j.jacc.2024.10.070.
- VENTO, V. *et al.* Tendências evolutivas e inovações em intervenção cardiovascular. *Frontiers in Medical Technologies*, v. 6, 2024. doi: 10.3389/fmedt.2024.1384008.