

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 intracoronária 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 ineleáveis 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.