CARDIOLOGIA
TEORIA E PRÁTICA

EDIÇÃO XXI

Capítulo 1

USO DE DISPOSITIVOS DE SUPORTE CIRCULATÓRIO MECÂNICO EM INSUFICIÊNCIA CARDÍACA AVANÇADA

LUCAS DE MORAIS FRANCO[1]
DÊNISSON DAVID GOMES DO NASCIMENTO[1]
MILENA NUNES GIL[2]
GUILHERME MACIEL LEME[3]
CLARA FARIAS DOURADO[1]
ILUSCKA GABRIELA SALES DE SOUSA[4]
MARCELLE SILVEIRA RABITE[1]
DAIANE MARQUES DA SILVA[5]
JOSÉ LEVY TAVARES DE LUCENA[6]
AGDIEL CARVALHO DE ASSIS VALENTA[1]
MARIA VITÓRIA OLIVEIRA DAMASCENO DOS SANTOS[7]
MIGUEL CLEMENTE DE SOUZA[1]
TALITA MONTEIRO SILVA DOS SANTOS[1]
BEATRIZ LOPES DOS SANTOS[8]
ISABELLA DE OLIVEIRA LOSEVICIENE[1]

1. Discente – Medicina Universidade Nove de Julho.
2. Discente – Medicina Centro Universitário de Brasília.
3. Discente – Medicina Universidade De Taubaté.
4. Discente – Medicina Universidade Estadual do Maranhão.
5. Discente – Medicina Faculdade Pitágoras de Eunápolis.
6. Discente – Medicina Faculdade Metropolitana UNNESA.
7. Discente – Medicina Faculdade Zarns.
8. Discente – Medicina Universidade Cidade de São Paulo.

Palavras-chave
Insuficiência Cardíaca Avançada; Suporte Circulatório; Uso de Dispositivos.

DOI 10.59290/978-65-6029-248-2.1

EDITORA PASTEUR

INTRODUÇÃO

A insuficiência cardíaca (IC) representa a fase terminal de uma condição clínica progressiva, é uma síndrome clínica complexa caracterizada pela incapacidade do coração em manter o débito cardíaco adequado para atender às demandas metabólicas do organismo. Representa uma das principais causas de morbimortalidade no mundo, com estimativas que apontam mais de 64 milhões de pessoas afetadas globalmente (GRODIN & STEVENSON, 2020). Em sua forma avançada, a IC é definida por sintomas persistentes mesmo com tratamento otimizado, internações frequentes e grave comprometimento da qualidade de vida, sendo classificada como estágio D pela American College of Cardiology/American Heart Association (ACC/AHA), pois, no estágio D, a IC é refratária ao tratamento e requer uma intervenção mais específica (ESTEP *et al.*, 2021). Mesmo com avanços na terapêutica medicamentosa e na aplicação de tecnologias de estimulação cardíaca, uma parcela significativa dos pacientes evolui para estágios em que apenas intervenções invasivas, como o transplante cardíaco ou o uso de dispositivos de suporte circulatório mecânico (DSCM), são capazes de oferecer sobrevida e melhora na qualidade de vida (GARAN *et al*., 2022; MOLINA *et al*., 2022).

Diante da limitação do transplante cardíaco, tanto pela escassez de doadores quanto pelas contraindicações clínicas em pacientes idosos ou com comorbidades, o uso de DSCM, especialmente os dispositivos de assistência ventricular esquerda (*left ventricular assist devices* – LVADs), tem se consolidado como alternativa terapêutica eficaz e segura. Essas tecnologias proporcionam suporte hemodinâmico por tempo prolongado, oferecendo alívio sintomático, melhora funcional e aumento significativo da sobrevida (MEHRA *et al*., 2021; MOLINA *et al*., 2022).

Estudos multicêntricos e registros internacionais, como o Registro Interagências para Suporte Circulatório Mecanicamente Assistido (Intermacs), têm demonstrado que a sobrevida em pacientes com LVADs de última geração ultrapassa 80% no primeiro ano e 60% aos três anos, números comparáveis ao transplante cardíaco em determinadas populações (KORMOS *et al*., 2021). Além disso, os dispositivos com levitação magnética total, como o HeartMate 3, um dispositivo de assistência ventricular esquerda (DAVE), também conhecido como bomba cardíaca, que é implantado cirurgicamente para ajudar a bombear sangue em pacientes com IC avançada (LORENCINI *et al*., 2024), representam uma inovação importante ao reduzir significativamente eventos tromboembólicos e sangramentos em comparação com modelos anteriores (MEHRA *et al*., 2021).

O uso dos DSCMs pode ser indicado em diferentes contextos: como ponte para transplante, ponte para recuperação miocárdica, ponte para decisão ou terapia de destino, sendo a última destinada a pacientes não elegíveis ao transplante (GARAN *et al*., 2022). A escolha do tipo de suporte está diretamente relacionada à gravidade clínica, ao perfil hemodinâmico e à estratégia terapêutica estabelecida por uma equipe multidisciplinar.

Contudo, o emprego dessas tecnologias exige cuidados altamente especializados e contínuos. Complicações como infecções no local do cabo de energia (*driveline*), sangramentos digestivos, eventos neurológicos e disfunções do rotor ainda representam desafios importantes. Além disso, fatores psicossociais, adesão ao tratamento e acesso aos centros especializados impactam diretamente nos desfechos clínicos (KORMOS *et al.*, 2021).

Portanto, diante do crescente número de pacientes com IC avançada e das limitações do transplante cardíaco, os DSCMs configuram-se como uma terapia imprescindível no arsenal cardiológico atual. Nesse cenário, este artigo tem como objetivo discutir os avanços recentes relacionados ao uso dos dispositivos de suporte circulatório mecânico no contexto da insuficiência cardíaca avançada, abordando indicações clínicas, eficácia, principais complicações, bem como as perspectivas futuras para essa tecnologia no cuidado cardiovascular de alta complexidade.

MÉTODO

Este estudo consiste em uma revisão narrativa da literatura, estruturada com o objetivo de sintetizar os avanços contemporâneos no uso de DSCM no manejo da IC em estágio avançado.

A busca bibliográfica foi realizada entre dezembro de 2024 e março de 2025 nas bases de dados PubMed, Scopus, Web of Science e SciELO. Foram utilizados descritores controlados e não controlados, tais como *"advanced heart failure", "mechanical circulatory support", "left ventricular assist device", "extracorporeal membrane oxygenation",* e *"device-related complications"*, combinados com operadores booleanos (AND, OR) para ampliar a abrangência da pesquisa.

Foram incluídas publicações originais, revisões sistemáticas, diretrizes clínicas, consensos de sociedades especializadas e estudos multicêntricos, publicados em inglês ou português, no período compreendido entre 2019 e 2025. Os critérios de inclusão abrangeram estudos que analisassem adultos com IC avançada (classe funcional III-IV segundo a New York Heart Association [NYHA] ou estágio D da classificação American College of Cardiology/American Heart Association [ACC/AHA]), focando em aspectos como indicações clínicas, eficácia terapêutica, complicações associadas e inovações tecnológicas em DSCMs. Estudos pediátricos, relatos de caso isolados, cartas ao editor e artigos com metodologia inadequada foram excluídos.

A seleção dos artigos foi realizada por dois revisores independentes, seguindo etapas de triagem por título, resumo e texto completo. Divergências foram resolvidas por consenso. A avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos foi conduzida com base em instrumentos adaptados do *Critical Appraisal Skills Programme* (CASP) para revisões narrativas.

Os dados extraídos foram categorizados tematicamente, abrangendo a definição e progressão da IC avançada, tipos de DSCMs, indicações clínicas, impacto na sobrevida e qualidade de vida, complicações associadas, custo-efetividade e perspectivas futuras. A sistematização dos resultados foi realizada de forma qualitativa, priorizando uma análise crítica e integrativa das evidências disponíveis.

Essa abordagem metodológica permitiu a construção de um panorama abrangente e atualizado sobre a utilização dos DSCMs no contexto da IC avançada, oferecendo subsídios para a prática clínica e para futuras investigações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes de estratificar o risco, avaliar a progressão da doença e indicação de uso e a escolha do dispositivo de suporte circulatório (DSC), resultados e prognóstico esperado é preciso contextualizar o cenário em que tal terapêutica adentra. Ao avaliar a epidemiologia da IC, nota-se que é uma doença epidêmica, com

alta morbidade, mortalidade e relacionada a altos custos ao sistema de saúde. Os dados estão em constante evolução devido a mudanças demográficas, avanços no tratamento e variações no acesso à assistência médica. Embora a incidência mundial ajustada por idade tenha diminuído, a prevalência vem aumentando pelo envelhecimento da população na maioria dos países juntamente com os fatores de risco associados. Este aumento é observado em adultos mais jovens e acompanha uma mudança na fração de ejeção, que se mostra preservada: estima-se que cerca de 64 milhões de pessoas vivam com IC no mundo. De 1990 a 2017, o número absoluto de pessoas que sofrem de IC aumentou 92%. Nos Estados Unidos, cerca de 6,5 milhões de pessoas sofrem de IC com cerca de 960 mil casos novos por ano, lá a chance de IC ao longo da vida é de 20-30%. No Brasil, esta patologia, segundo o DATASUS, entre 2015 e 2025, representou um gasto de aproximadamente 3,8 bilhões de reais, mais de 2 milhões de internações neste período, resultando em mais de 230 mil óbitos nesse período e cerca de 240 mil casos novos por ano. Tais dados permitem inferir que a IC é uma doença que sofre grande variação de indicadores epidemiológicos devido ao acesso a dados e variações demográficas e ao padrão de vida observado no período descrito, interferindo diretamente nos fatores de risco modificáveis. É necessário vigilância constante acerca da IC.

Por conseguinte, deve-se avaliar clinicamente o paciente e estratificar sua condição cardíaca para direcionar o tratamento e a conduta que se encaixem nos critérios de seleção e indicação, além de atingir condições de adesão do paciente ao tratamento, visando maior sobrevida. Deve-se priorizar e manter uma abordagem multidisciplinar, visando a educação em saúde e a diminuição de complicações e intercorrências.

Definição e progressão da IC para o estágio avançado e suas manifestações clínicas

A IC configura-se como uma síndrome clínica multifatorial, resultante de alterações morfofuncionais do coração que comprometem sua capacidade de manter um débito cardíaco adequado às demandas metabólicas do organismo, seja em repouso ou durante o esforço. Do ponto de vista fisiopatológico, a IC é desencadeada por disfunções miocárdicas, sendo frequentemente combinada à redução da contratilidade ventricular, diminuição da complacência miocárdica, disfunções valvares, além de anormalidades na condução elétrica cardíaca (SCHWINGER, 2021).

A insuficiência cardíaca possui um curso clínico progressivo, que se desenvolve ao longo de estágios bem definidos. Segundo a classificação da American College of Cardiology/American Heart Association (ACC/AHA), a evolução da doença é descrita em quatro estágios: “Estágio A: pacientes com alto risco para desenvolver IC, mas sem anormalidades cardíacas estruturais ou sintomas; Estágio B: presença de alterações estruturais cardíacas (como hipertrofia ventricular ou disfunção valvar), ainda sem sintomas clínicos; Estágio C: presença de sintomas atuais ou prévios de IC associados à disfunção cardíaca estrutural; Estágio D: IC refratária ou em estágio avançado, com sintomas persistentes mesmo com tratamento otimizado, geralmente necessitando de intervenções especializadas, como dispositivos de assistência ventricular, transplante cardíaco ou cuidados paliativos” (NEW YORK HEART ASSOCIATION, 1994, p. 253).

A progressão para o estágio avançado da IC envolve deterioração hemodinâmica contínua, esgotamento dos mecanismos compensatórios, como a ativação neuro-hormonal crônica e o remodelamento cardíaco adverso. Nessa fase, os

pacientes apresentam comprometimento funcional grave, limitação severa das atividades diárias, hospitalizações recorrentes por descompensações agudas e risco elevado de mortalidade. As manifestações clínicas da IC refletem essa progressão (LEMOS *et al*., 2024).

Conforme Bozkurt *et al.* (2021), os sinais e sintomas podem ser inespecíficos e sobrepostos a outras condições, mas são fundamentais para a avaliação diagnóstica. Entre os sinais físicos mais frequentes destacam-se: estase jugular com refluxo hepatojugular positivo, edema de membros inferiores, ascite, congestão pulmonar com estertores crepitantes e taquicardia. Entre os sintomas subjetivos, os pacientes relatam: dispneia aos esforços, ortopneia, dispneia paroxística noturna, bendopneia, fadiga e síncope. A identificação precoce dos estágios de evolução é fundamental para direcionar intervenções terapêuticas apropriadas, prevenir desfechos adversos e individualizar o prognóstico.

A classificação funcional da insuficiência cardíaca da New York Heart Association (NYHA) é amplamente utilizada para avaliar a gravidade da insuficiência cardíaca e orientar o manejo clínico dos pacientes. Ela é descrita em quatro classes com base na limitação das atividades físicas: “Classe I: sem limitação física; Classe II: leve limitação; Classe III: limitação acentuada; Classe IV: sintomas mesmo em repouso” (NEW YORK HEART ASSOCIATION, 1994, p. 253).

A despeito das variações fenotípicas e classificatórias, a insuficiência cardíaca compartilha um denominador comum: sua tendência à progressão contínua, com impacto significativo na qualidade de vida, morbimortalidade e nos custos em saúde. Assim, compreender suas fases evolutivas e as formas de estratificação é essencial para a adoção de estratégias terapêuticas personalizadas e baseadas em evidências (TOMASONI *et al*., 2020; SHAMS *et al.*, 2025).

Tipos de dispositivos de suporte circulatório mecânico

Os DSCM podem ser classificados em temporários ou duráveis, de acordo com a duração prevista de suporte hemodinâmico. Os dispositivos temporários são frequentemente utilizados em cenários de choque cardiogênico, procedimentos de intervenção percutânea de alto risco e pós-operatórios imediatos de cirurgia cardíaca. Já os dispositivos duráveis são empregados como ponte para transplante, decisão terapêutica ou terapia de destino em insuficiência cardíaca avançada (ATTI *et al.*, 2022).

Dentre os dispositivos de suporte de curto prazo, destaca-se o balão intra-aórtico de contrapulsação (IABP), um dos mais antigos e amplamente utilizados. O IABP atua por meio da insuflação e desinsuflação de um balão posicionado na aorta descendente, promovendo aumento da perfusão coronariana e redução da pós-carga ventricular esquerda. Apesar da utilização histórica, estudos recentes como o IABP-SHOCK II não demonstraram benefício significativo em mortalidade para pacientes com choque cardiogênico (DANGL *et al*., 2023; BARAN *et al*., 2022).

Outro dispositivo de assistência ventricular percutânea é o sistema Impella, que consiste em uma bomba axial capaz de fornecer fluxos variáveis entre 2,5 e 5 litros por minuto, proporcionando descompressão ventricular esquerda e suporte circulatório direto. Seu uso é indicado tanto isoladamente quanto em combinação com oxigenação por membrana extracorpórea (ECMO) em configurações como o "ECMELLA" (ATTI *et al*., 2022; BARAN *et al*., 2022).

A oxigenação por membrana extracorpórea venoarterial (VA-ECMO) representa outro método de suporte temporário, oferecendo suporte circulatório completo, além de oxigenação pul-

monar. Embora eficaz em situações de insuficiência cardíaca biventricular e choque refratário, a ECMO pode resultar em complicações como edema pulmonar e distensão ventricular esquerda, frequentemente necessitando de dispositivos de venting associativos (VIEIRA *et al.*, 2020; BARAN *et al*., 2022).

Os LVADs evoluíram significativamente nas últimas décadas, passando de bombas pulsáteis para dispositivos de fluxo contínuo, como o HeartMate 3, que apresenta vantagens em termos de durabilidade e hemocompatibilidade. Tais dispositivos são utilizados como ponte para transplante (BTT), ponte para decisão (BTD) ou terapia de destino (DT), especialmente em pacientes com insuficiência cardíaca avançada refratária a tratamento médico otimizado (VIEIRA *et al.*, 2020).

Além dos dispositivos voltados para suporte do ventrículo esquerdo, existem opções para suporte do ventrículo direito (RVADs) e para suporte biventricular (BiVADs). Esses sistemas são indicados em casos de falência ventricular direita isolada ou em falência biventricular, sendo frequentemente necessários em contextos pós-transplante cardíaco ou após cirurgia cardíaca complicada (DANGL *et al*., 2023).

A escolha entre os diferentes dispositivos de SCM deve considerar fatores como o tipo e a gravidade da insuficiência cardíaca, a necessidade de suporte pulmonar adicional, o perfil hemodinâmico do paciente e a expertise da equipe médica e do centro hospitalar (Atti et al., 2022; DANGL *et al*., 2023).

Indicações clínicas e critérios de seleção

Sabe-se que uma parte significativa de pacientes com IC avançada (estágio D) não responde aos tratamentos farmacológicos, sendo necessário, então, lançar mão de dispositivos de suporte circulatório mecânico. Os dispositivos possuem papel de extrema relevância em casos de urgência; nesse caso, principalmente os de curta duração, e em casos de ponte para transplante ou decisão, são utilizados os dispositivos de longa duração (JATENE *et al*., 2022; DANDEL, 2023).

Devido à necessidade do estabelecimento de critérios para a correta seleção de pacientes para o uso destes dispositivos, o Interagency Registry of Mechanically Assisted Circulatory Support (INTERMACS) foi criado sob supervisão do National Heart Lung and Blood Institute (NHLBI). Nesse sentido, a INTERMACS estabelece a gravidade da insuficiência cardíaca e auxilia na escolha do dispositivo ideal para cada paciente com base em estágios clínicos, seja de curta ou longa duração (JATENE *et al*., 2022).

Em relação à classificação, o nível 1 é caracterizado pela presença de choque cardiogênico crítico, com presença de hipotensão, mesmo com a administração de inotrópicos e balão intra-aórtico (BIA), e presença de hipoperfusão orgânica grave. No nível 2, há deterioração apesar do emprego de inotrópico. Ocorre auxílio com inotrópico com níveis convenientes de pressão arterial, porém, degeneração progressiva da nutrição, atividade renal e retenção líquida. Assim, em pacientes avaliados nesses dois níveis, recomenda-se intervenção urgente, principalmente no caso 1, por meio de dispositivos de curta duração. No caso 2, pode-se utilizar dispositivo de curta duração ou até mesmo de longa duração, como meio até o transplante (JATENE *et al*., 2022).

Por outro lado, o nível 3 caracteriza-se pela estabilidade com inotrópico em dose moderadas, porém, há falha em tentativas de retirada. No nível 4, há a presença de sintomas em repouso, com possibilidade de retirada de inotrópicos, entretanto, ocorrem repetidas instabilidades. Nesses casos, o caráter da intervenção com dispositivos de longa duração é eletivo (JATENE *et al*., 2022).

Em relação a níveis menos urgentes ou pouco sintomáticos, temos o nível 5, com intolerância aos esforços e severa limitação ao cansaço, sem desconforto em situações de repouso, com obstrução e danos renais frequentes. No nível 6, há limitação ao esforço, sendo esta uma restrição menos significativa e com reduzida obstrução, porém com fácil exaustão. Por fim, no nível 7, temos a classe funcional 3 segundo a New York Heart Association (NYHA), em que o paciente está descompensado. Assim, tais casos são manejados por meio de suporte clínico, não sendo indicado suporte mecânico.

Em suma, a indicação dos aparelhos a longo prazo ocorre principalmente em casos relacionados à espera de transplante cardíaco devido ao elevado risco de mortalidade, pacientes que podem se tornar elegíveis para transplante após resolução de determinada condição transitória ou contraindicação tratável e pacientes inelegíveis para transplantes, que dependerão de dispositivo de longa duração durante a vida. Quanto aos dispositivos de curta duração, sua indicação é reservada para situações emergenciais e ameaçadoras à vida (DANDEL, 2023; JATENE *et al*., 2022).

Impacto na sobrevida e qualidade de vida

Os avanços tecnológicos permitiram uma melhora notável dos sintomas da IC, o que consequentemente leva ao aumento da taxa de sobrevivência e da qualidade de vida dos pacientes com insuficiência cardíaca avançada (SILVA & RIBEIRO, 2021). Com isso, esses dispositivos de suporte circulatório, exercem papel duplo: como solução temporária - até o transplante cardíaco, que é o tratamento padrão-ouro da ICA - e tratamento de longo prazo (em pacientes impossibilitados de realizarem o transplante cardíaco), ou seja, são geralmente indicados para esses casos, mesmo que a recuperação cardíaca completa seja rara (DANDEL, 2023; MOELLER *et al*., 2024).

Os dispositivos de assistência ventricular (DAVs), com a tecnologia mais recente, não estão isentos de riscos, embora apresentem uma taxa de sobrevivência de 2 anos de cerca de 80% (LEMOS *et al*., 2024). Além disso, Moeller *et al*. (2024) relatam que, na taxa de sobrevida de 5 anos, em comparação aos dispositivos mais antigos, os DAVs de terceira geração apresentam consequências menos incidentes, como: cerca de 10% de AVE, menos de 30% de ICD e hemorragia GI, e mais de 30% de arritmia cardíaca. Além disso, as infecções são as consequências mais relatadas, ocorrendo em quase 60% dos pacientes com um DAV por 5 anos, e correspondendo a 15% de todas as mortes após 1 ano de inserção do dispositivo.

Embora haja o aumento da taxa de sobrevida e da qualidade de vida, os DAVs ainda são tratados como uma difícil terapia, por isso, o paciente deve ser conscientizado sobre o uso desses dispositivos, que exigem alta responsabilidade a longo prazo e possível necessidade de cuidados de terceiros, tendo em vista a limitação e a redução da autonomia desses pacientes. Com isso, essas coisas podem acarretar mudança de seu estilo de vida para manter o uso do dispositivo em segurança, que possivelmente leva a sentimentos negativos, devido à presença de riscos e consequentes mudanças (FRIGERIO, 2021; LEMOS *et al*., 2024; SILVA & RIBEIRO, 2021).

Complicações associadas

O uso de DSCM, como a assistência ventricular e a oxigenação por membrana extracorpórea venoarterial (ECMO-VA), tornou-se essencial no tratamento de pacientes com insuficiência cardíaca avançada, sobretudo naqueles refratários ao tratamento clínico convencional.

Esses aparelhos proporcionam auxílio hemodinâmico transitório, sendo empregados como intermédio para recuperação do músculo cardíaco, realização de transplante do coração ou definição do tratamento final (PADBERG *et al*., 2024).

Entretanto, apesar dos benefícios evidentes, o uso desses dispositivos está fortemente associado a uma série de complicações clínicas, o que demanda manejo criterioso e acompanhamento multiprofissional intensivo (CENTENARO, 2021).

Dessa forma, o sangramento figura entre os eventos adversos mais frequentes em pacientes submetidos à ECMO-VA, representando uma importante preocupação clínica. Isso se deve, principalmente, à necessidade contínua de anticoagulação, além da ativação do sistema inflamatório e da hemólise induzida pelo contato sanguíneo com as superfícies artificiais do circuito. Nesse contexto, estudos apontam taxas de sangramento que chegam a 65%, com ocorrência de eventos graves como hemorragias intracranianas e necessidade recorrente de transfusões (TORRES *et al*., 2021).

Além disso, complicações tromboembólicas são particularmente relevantes. A formação de trombos no circuito e a ocorrência de acidentes vasculares cerebrais isquêmicos estão entre os principais riscos. Esses eventos são favorecidos por fatores como o fluxo turbulento, a superfície não biológica dos dispositivos e as flutuações na anticoagulação, tornando o monitoramento contínuo uma necessidade (TORRES *et al*., 2021).

Outra complicação importante é a infecção, que pode ocorrer tanto no local de inserção dos dispositivos quanto de forma sistêmica, sendo associada à permanência prolongada em unidades de terapia intensiva, ao manuseio constante dos dispositivos e à utilização de acessos invasivos. Como consequência, as taxas de sepse, que estão associadas a pior prognóstico, aumentam (CENTENARO, 2021).

Ainda, a disfunção renal é uma ocorrência comum, podendo estar presente antes mesmo da instalação do SCM, como também surgir em decorrência das alterações hemodinâmicas induzidas pelo suporte. A necessidade de terapia renal substitutiva em pacientes com choque cardiogênico grave tem sido amplamente documentada e representa um fator de agravamento clínico (PADBERG *et al*., 2024).

Complicações neurológicas também merecem destaque. De acordo com uma análise realizada em mais de 39 mil pacientes, eventos como delirium, déficits cognitivos e acidentes vasculares cerebrais foram mais prevalentes entre os usuários de SCM em comparação àqueles submetidos apenas a cuidados convencionais. Esses resultados enfatizam a relevância do monitoramento neurológico constante e da implementação de medidas preventivas (PADBERG *et al*., 2024).

Além disso, pode-se notar comprometimento do ventrículo direito (VD) após a inserção de DAVE. Isso ocorre devido ao aumento do retorno venoso promovido pelo dispositivo, que pode sobrecarregar um VD já comprometido, exigindo suporte adicional com inotrópicos ou a instalação de dispositivos específicos para o VD (CENTENARO, 2021).

Por fim, também são relatadas falhas técnicas dos dispositivos, como mau funcionamento da bomba, falhas nos sensores e trombose mecânica. Tais ocorrências exigem vigilância intensiva e atuação rápida da equipe de saúde para evitar a deterioração clínica do paciente (CENTENARO, 2021).

Custos e acesso ao tratamento

A insuficiência cardíaca agudizada é uma condição frequentemente observada nos Servi-

ços de Pronto Atendimento Hospitalar. Ademais, a recorrência dos quadros de piora é típica nesses pacientes e representa uma causa significativa de ônus para o Sistema de Saúde. A disfunção grave e refratária aos tratamentos convencionais requer internações mais prolongadas e o uso de estratégias terapêuticas mais invasivas e tecnológicas, como os sistemas circulatórios, a exemplo do DAV. Esses equipamentos possuem investimento aproximado de um milhão de reais por unidade, que é suscetível a acréscimos dependendo do modelo escolhido e do acompanhamento médico ao binômio aparelho-paciente (MOLINA *et al.*, 2022).

Conforme previsto na Lei nº 12.401/2011, o Sistema Único de Saúde (SUS) oferece, por dever, os DAVs gratuitamente aos pacientes que se enquadram nos critérios estabelecidos pelo Ministério da Saúde. Nesse sentido, são os portadores de um quadro avançado ou terminal, com dependência contínua ou intermitente dos dispositivos de circulação e que estão em acompanhamento multidisciplinar nos Centros de Referência, além de preencherem os critérios econômicos, clínicos e psicossociais, são assistidos pelo programa. Uma alternativa existente, com base na Lei nº 9.656/1998, é a cobertura das despesas do implante e da manutenção dos DAVs em casos emergenciais e urgentes pelos planos de saúde, com restrições aos demais quadros (CENTENARO, 2021).

Contudo, a presença de disparidades metropolitanas evidencia a falta de serviços especializados em terapias avançadas em regiões geográficas não centrais, implicando em iniquidade no acesso ao suporte circulatório. A disponibilidade do tratamento enfrenta desafios instituídos pela necessidade de importação do dispositivo a altos valores (de 600 mil até 1,2 milhões de reais) e pela limitação orçamentária do SUS. Adicionalmente, estudos comprovam que o tempo de espera dos pacientes para o implante tem uma média de 54 dias e apresenta uma correlação direta com piora clínica, prognóstico do pós-operatório e mortalidade. Desse modo, a falha terapêutica que pode ocorrer em decorrência do estado cardíaco agravado pelo intervalo prolongado até o procedimento configura um custo adicional ao sistema, que já se encontra moroso e sobrecarregado (MOLINA *et al.*, 2022).

Portanto, é possível concluir que o aumento na necessidade de acesso aos dispositivos de tratamento específicos para a insuficiência cardíaca aguda reflete as mudanças populacionais e no estilo de vida. Os custos elevados são primariamente inerentes ao mecanismo de ponta utilizado para a recuperação da saúde cardíaca. As falhas no sistema de oferta desses dispositivos mostram-se estruturadas pela incongruência entre oferta e demanda, por requisitos que dificultam o acesso gratuito e pela obrigatoriedade de acompanhamento clínico especializado, consequentemente restrito a poucas localidades do país. Além disso, nota-se um sistema que retroalimenta os imbróglios já mencionados e intensifica o estado de agravamento. Nesse sentido, é fundamental a existência de maior financiamento para este segmento, tanto para que se possa ofertar, em sua plenitude, o acesso à terapia, como para se investir em pesquisas científicas e tecnologia visando à independência da necessidade de importação do produto, reduzindo o tempo de espera pela cirurgia e diminuindo as taxas de refratariedade (MOLINA *et al*., 2022).

Inovações e perspectivas futuras

As inovações no uso de DSCM vêm transformando o tratamento da IC avançada, oferecendo alternativas terapêuticas para pacientes que não são elegíveis ao transplante cardíaco. Dispositivos como os DAVs, BIAs e a ECMO têm sido cada vez mais empregados na tentativa de prolongar a sobrevida, estabilizar o quadro

hemodinâmico e melhorar a qualidade de vida desses pacientes. Os DAVEs, em especial, mostraram-se eficazes em reduzir a mortalidade e melhorar a função cardíaca, sobretudo em casos de choque cardiogênico grave. Já os BIAs, embora ainda utilizados, não demonstraram o mesmo impacto positivo sobre a mortalidade e apresentam maior risco de eventos adversos como sangramentos (SANTOS *et al.*, 2023).

A ECMO, por sua vez, tem se mostrado uma alternativa relevante em situações agudas e potencialmente reversíveis, como em casos de miocardite fulminante, choque cardiogênico refratário ou falência respiratória grave. Sua função principal é proporcionar suporte cardiorrespiratório temporário, permitindo a estabilização clínica enquanto se aguarda recuperação orgânica ou decisão terapêutica definitiva. No entanto, a ECMO apresenta importantes limitações, como alto risco de complicações (sangramentos, trombose, infecções), necessidade de anticoagulação contínua e disponibilidade restrita a centros altamente especializados. Além disso, sua eficácia está diretamente relacionada ao tempo de instalação e à gravidade do quadro clínico. Estudos apontam taxas de sobrevida que variam entre 30 e 60%, dependendo da indicação e do perfil do paciente (ZIMERMAN *et al.*, 2023).

Além dos avanços tecnológicos, a aplicação do SCM exige abordagem clínica personalizada. A seleção criteriosa dos pacientes, com base em fatores como condição clínica, capacidade de resposta terapêutica e suporte emocional e social, é essencial para otimizar os resultados. Estudos apontam que o uso dos DAVEs está associado à redução da sintomatologia da IC, menor descompensação clínica e melhora significativa na qualidade de vida, mesmo em contextos internacionais e nacionais diversos. No entanto, também são relatados desafios importantes, como o enfrentamento emocional do paciente, medos relacionados à tecnologia e a necessidade de suporte psicológico contínuo (CENTENARO, 2021).

Diante do envelhecimento populacional e do aumento da prevalência da IC avançada, cresce o número de pacientes que não toleram terapias farmacológicas padrão ou não têm indicação para transplante, tornando o SCM uma estratégia cada vez mais central. Contudo, mesmo com as inovações, os resultados permanecem insatisfatórios para aqueles não elegíveis ao suporte de longo prazo, reforçando a necessidade de avanços na seleção de candidatos e no manejo multidisciplinar. A incorporação de protocolos clínicos bem definidos e a capacitação das equipes envolvidas são fundamentais para ampliar o acesso e maximizar os benefícios do SCM (ZIMERMAN *et al.*, 2023).

No futuro, espera-se que a evolução tecnológica dos dispositivos, associada ao refinamento dos critérios de indicação e à melhora na gestão de complicações, permita expandir o uso do SCM com maior segurança e eficácia. O desenvolvimento de dispositivos menos invasivos, com menores taxas de infecção e maior durabilidade, aliado à integração de inteligência artificial para monitoramento remoto, pode revolucionar o acompanhamento desses pacientes, tornando o suporte circulatório uma alternativa terapêutica cada vez mais viável, eficaz e humanizada (SILVA & RIBEIRO, 2021).

CONCLUSÃO

A insuficiência cardíaca avançada constitui um desafio crescente na prática clínica, em vista de sua elevada morbimortalidade, complexidade terapêutica e limitações do transplante cardíaco. Nesse contexto, os DSCM surgem como recursos essenciais para o manejo dos pacientes refratários ao tratamento clínico convencional. Embora o uso dos DSCM esteja relacionado a

complicações relevantes, como infecções, sangramentos e eventos tromboembólicos, os avanços tecnológicos têm reduzido significativamente tais eventos adversos, compensando os fatores benefício e malefício.

Os LVADs destacam-se por proporcionarem suporte hemodinâmico contínuo, aumento da sobrevida e melhora na qualidade de vida, especialmente em pacientes emergenciais elegíveis para o transplante cardíaco ou para terapia de destino. Ainda assim, o acesso limitado aos centros especializados, os altos custos envolvidos e as exigências psicossociais atuam como obstáculos importantes à sua aplicação em larga escala.

Por conseguinte, devido ao aumento da prevalência da IC avançada e às limitações do transplante cardíaco, é primordial ampliar o acesso equitativo a essas terapias, aperfeiçoar as políticas públicas de financiamento e estimular o desenvolvimento da tecnologia nacional. A atualidade e o futuro apontam para dispositivos cada vez mais seguros, duráveis e integrados aos sistemas inteligentes de monitoramento da saúde, buscando uma promissora mudança no cuidado ao paciente com insuficiência cardíaca avançada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATTI, V. *et al.* A comprehensive review of mechanical circulatory support devices. Heart International, v. 16, p. 37, 2022. doi: 10.17925/HI.2022.16.1.37.

BOZKURT, B. *et al*. Universal definition and classification of heart failure: a report of the Heart Failure Society of America, Heart Failure Association of the European Society of Cardiology, Japanese Heart Failure Society and Writing Committee of the Universal Definition of Heart Failure. European Journal of Heart Failure, v. 23, p. 352, 2021. doi: 10.1002/ejhf.2115.

BARAN, D.A. *et al.* Temporary mechanical circulatory support: devices, outcomes, and future directions. The Journal of Heart and Lung Transplantation, v. 41, p. 678, 2022. doi: 10.1016/j.healun.2022.03.018.

CENTENARO, D.F. Manejo perioperatório da falência cardíaca e dispositivos de assistência circulatória mecânicos. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ANESTESIOLOGIA. Programa de atualização em anestesiologia. Porto Alegre: Artmed Panamericana, 2021.

DANGL, M. *et al*. Temporary mechanical circulatory support left, right, and biventricular. Current Cardiology Reviews, v. 19, 2023. doi: 10.2174/1573403X19666230314115853.

DANDEL, M. Cardiological challenges related to long-term mechanical circulatory support for advanced heart failure in patients with chronic non-ischemic cardiomyopathy. Journal of Clinical Medicine, v. 12, p. 6451, 2023. doi: 10.3390/jcm12206451.

ESTEP, J.D. *et al.* 2021 ACC Expert Consensus Decision Pathway on management of heart failure with reduced ejection fraction. Journal of the American College of Cardiology, v. 77, p. 772, 2021.

FRIGERIO, M. Left ventricular assist device: indication, timing, and management. Heart Failure Clinics, v. 17, p. 619, 2021. doi: 10.1016/j.hfc.2021.05.007.

GRODIN, J.L. & STEVENSON, L.W. How do we define "advanced" heart failure? Journal of Cardiac Failure, v. 26, p. 926, 2020.

JATENE, I.B. *et al*. Tratado de cardiologia SOCESP. 5. ed. Barueri: Manole, 2022.

KORMOS, R.L. *et al.* The Society of Thoracic Surgeons Intermacs 2020 Annual Report. The Annals of Thoracic Surgery, v. 111, p. 778, 2021.

LORENCINI, M.S. *et al.* Dispositivos de assistência ventricular: avanços tecnológicos e resultados clínicos. In: FREITAS, G.B.L. et al., organizadores. Cardiologia: teoria e prática. Irati: Pasteur, 2024.

LEMOS, A.L.M.A. *et al*. A importância da abordagem clínica e terapêutica para manejo e tratamento da insuficiência cardíaca avançada. Epitaya E-Books, v. 1, p. 429, 2024.

MEHRA, M.R. *et al.* A fully magnetically levitated circulatory pump for advanced heart failure. The New England Journal of Medicine, v. 384, p. 529, 2021. doi: 10.1056/NEJMoa1610426.

MOLINA, E.J. *et al.* The Society of Thoracic Surgeons Intermacs 2021 Annual Report: risk modelling for adverse events. The Annals of Thoracic Surgery, v. 113, p. 722, 2022.

MOELLER, C.M. *et al*. Evolution of mechanical circulatory support for advanced heart failure. Progress in Cardiovascular Diseases, v. 82, p. 135, 2024. doi: 10.1016/j.pcad.2024.01.018.

NEW YORK HEART ASSOCIATION. Functional classification and objective assessment. 9. ed. New York: NYHA, 1994.

PADBERG, J.S. *et al*. Complications and outcomes in 39,864 patients receiving standard care plus mechanical circulatory support or standard care alone for infarct- associated cardiogenic shock. Journal of Clinical Medicine, v. 13, p. 1167, 2024. doi: 10.3390/jcm13041167.

SANTOS, D.F. *et al*. O suporte circulatório mecânico como terapia para insuficiência cardíaca avançada: eficácia e riscos. Brazilian Journal of Health Review, v. 6, p. 15172, 2023. doi: 10.34119/bjhrv6n5-088.

SCHWINGER, R.H.G. Pathophysiology of heart failure. Cardiovascular Diagnosis and Therapy, v. 11, p. 263, 2021. doi: 10.21037/cdt-20-302.

SHAMS, P. *et al.* Heart failure (congestive heart failure). StatPearls, 2025.

SILVA, A.C.L.P. & RIBEIRO, C.H. Efetividade da terapia por oxigenação de membrana extracorpórea (ECMO) em pacientes com COVID-19: revisão integrativa. Research, Society and Development, v. 10, 2021.

TOMASONI, D. *et al*. Heart failure in the last year: progress and perspective. ESC Heart Failure, v. 7, p. 1362, 2020. doi: 10.1002/ehf2.13124.

TORRES, A.C.O. *et al.* Complicações da oxigenação por membrana extracorpórea venoarterial no tratamento terminal da insuficiência cardíaca. Revista Eletrônica Acervo Saúde, v. 13, e6362, 2021. doi: .10.25248/reas.e6362.2021.

VIEIRA, J.L. *et al*. Mechanical circulatory support devices in advanced heart failure: 2020 and beyond. Progress in Cardiovascular Diseases, v. 63, p. 630, 2020. doi: 10.1016/j.pcad.2020.09.003.

ZIMMERMAN, A. *et al*. NYHA classification for decision-making in heart failure: time to reassess? Journal of Cardiac Failure, v. 29, p. 1338, 2023. doi: 10.1002/ejhf.2923.