

Dispositivos de Assistência Circulatória na Insuficiência Cardíaca Aguda: Quais e Quando?

Circulatory Support Devices in Acute Heart Failure: Which and When?

Deborah de Sá Pereira Belfort,¹ Rafael Cavalcanti Tourinho Dantas,¹ Silvia Moreira Ayub-Ferreira¹

Instituto do Coração do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo,¹ São Paulo, SP – Brasil

Introdução

A insuficiência cardíaca aguda (ICA), nome dado à síndrome onde há piora rápida ou gradual de um quadro de insuficiência cardíaca (IC) crônica ou nova, constitui uma das principais causas de procura ao departamento de emergência, sendo a maior responsável por internações não eletivas em pacientes acima de 65 anos, com elevada taxa de reinternação em 1 ano.¹ A mortalidade intra-hospitalar da ICA é de 3% a 4% em registros internacionais, chegando a 12,6% no registro brasileiro BREATHE.² Quando analisamos o espectro mais grave da ICA, que é o choque cardiogênico (CC), a mortalidade intra-hospitalar varia de 32% a 58% mesmo em registros internacionais.^{3,4}

O caminho para redução da elevada morbimortalidade da ICA e do CC passa pela sua identificação e diagnóstico rápido e correto, reconhecimento e tratamento de fatores descompensadores, avaliação da gravidade e de comorbidades associadas e instituição de terapia específica rápida e adequada para restauração da perfusão multiorgânica.⁵

A terapia específica do CC compreende inicialmente, na maioria dos casos, uso de inotrópicos e vasodilatadores ou vasopressores.⁴ No entanto, em casos refratários ou em que já se apresentam com uma maior gravidade, é necessário o uso de dispositivos de assistência circulatória mecânica (ACM) de curta duração. Quando indicados de forma precoce, a ACM de curta duração está relacionada com benefício hemodinâmico por meio do aumento do débito cardíaco, levando a recuperação da perfusão de órgãos vitais, diminuição do consumo miocárdico de oxigênio e do trabalho cardíaco, aumento de perfusão coronariana. Dependendo do dispositivo, também pode levar a redução de pressões de enchimento ventricular, reduzindo a congestão pulmonar.⁶

O uso da ACM de curta duração tem crescido mundialmente nos últimos anos, mas a literatura ainda carece

de evidências que corroborem seu uso, sendo a indicação e escolha dos diferentes dispositivos definidas de forma individualizada e em discussão de times multidisciplinares. No Brasil, a sua disponibilidade ainda é baixa, sendo seu uso limitado aos grandes centros.⁵

Esta revisão tem o objetivo de destacar as indicações, contraindicações e as principais particularidades de cada dispositivo, percutâneo ou cirúrgico, com dados clínicos e hemodinâmicos que podem auxiliar na escolha de cada um e corroborar seu uso na ICA.

Tipos de dispositivos

Inúmeras opções de dispositivos de ACM estão disponíveis no mercado para o tratamento da ICA e, quando indicados, os inicialmente utilizados são aqueles de curta e/ou média duração. Para facilitar o entendimento do papel deles no CC, podemos ainda subdividir em categorias conforme o tipo de implante e o tipo de suporte (Tabela 1).⁶

Os dispositivos de ACM de curta duração ainda podem ser alocados com o objetivo de serem implantados nas situações a seguir:^{5,7}

- Ponte para transplante: pacientes candidatos a transplante têm elevada mortalidade em fila, e os dispositivos podem ser usados para estabilização clínica até o transplante;
- Ponte para dispositivos de ACM de longa duração: dispositivos de ACM de curta duração podem ser utilizados para estabilização clínica antes do implante de dispositivo de ACM de longa duração;
- Ponte para decisão: pacientes em CC crítico que necessitam de intervenção rápida para estabilização clínica, com posterior avaliação para a próxima estratégia (transplante, ACM de longa duração, recuperação ou cuidados paliativos);
- Ponte para recuperação: podem ser usados dispositivos de ACM em geral de curta duração em etiologias de CC que possibilitam a recuperação da função ventricular, como infarto agudo do miocárdio, miocardite, choque pós-cardiotomia.

Indicações e contraindicações gerais

Os dispositivos de assistência ventricular são classicamente utilizados em CC por quadro agudo como após infarto agudo do miocárdio ou miocardite, ou por quadro crônico de IC em contexto de agudização, mas seu uso vai além dessas indicações:^{5,7}

- Complicações de infarto agudo do miocárdio (exemplo: comunicação intraventricular pós-infarto, insuficiência mitral aguda)

Palavras-chave

Choque Cardiogênico; Suporte Circulatório Mecânico; Dispositivos de Assistência Ventricular; Insuficiência Cardíaca Aguda

Correspondência: Silvia Moreira Ayub Ferreira •

Instituto do Coração do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo - Avenida Dr. Eneas Carvalho de Aguiar, 44. CEP 05403-000, Cerqueira Cesar, São Paulo, SP – Brasil

E-mail: silvia.ayub@fm.usp.br

Artigo recebido em 23/11/2023, revisado em 16/12/2023, aceito em 16/12/2023

DOI: <https://doi.org/10.36660/abchf.20230089>

Tabela 1 – Tipos de dispositivos de assistência circulatória mecânica de curta/média duração divididos pelo tipo de suporte e forma de implante

Dispositivos de assistência circulatória de curta permanência	Percutâneo	Cirúrgico
Ventrículo esquerdo	Balão intra-aórtico (femoral ou axilar)	Impella 5.0
	Impella 2.5 (VE-Ao)	Impella LD (arteriotomia direta na aorta ascendente)
	Impella CP (VE-Ao)	Impella 5.5
	TandemHeart (AE-Ao)	CentriMag VE (ápice do VE)
Ventrículo direito	Impella RP (VD-AP)	CentriMag VD (VD ou AD-AP)
	TandemHeart (AD-AP)	
	Cânula do ProtekDuo com bomba centrífuga (AD-AP)	
Biventricular	ECMO-VA periférica	ECMO-VA central
	Impella CP ou 2.5 + Impella RP	CentriMag Biventricular
	Impella CP ou 2.5 + TandemHeart	
	ProtekDuo com bomba centrífuga	

AD-AP: átrio direito-artéria pulmonar; AE-Ao: átrio esquerdo-aorta; VA: venoarterial; VD-AP: ventrículo direito-artéria pulmonar; VE-Ao: ventrículo esquerdo-aorta. Tabela adaptada do artigo Telukuntla et al.⁶

- b. Rejeição aguda pós-transplante cardíaco (Txc)
- c. Falência de ventrículo direito (VD) pós-Txc
- d. Disfunção primária de enxerto pós-Txc
- e. Falência de VD após implante de dispositivo de assistência ventricular de longa duração
- f. Dificuldade de saída de circulação extracorpórea após cirurgia cardíaca
- g. Arritmia ventricular refratária
- h. Profilaxia antes de angioplastias de alto risco
- i. Profilaxia antes de ablações complexas de taquicardia ventricular
- j. Profilaxia antes de procedimentos percutâneos de alto risco em valvopatias

Existem situações clínicas que devem ser avaliadas antes do implante de um dispositivo de ACM de curta duração, por serem contraindicações ao uso de alguns deles:^{4,5}

- a. Paciente em cuidados paliativos
- b. Insuficiência aórtica ou prótese aórtica mecânica
- c. Aneurisma e/ou dissecção de aorta
- d. Doença arterial periférica ou aórtica grave
- e. Trombo intracavitário
- f. Coagulopatia grave
- g. Sepsis não controlada

Acima apresentamos um cenário geral sobre os dispositivos de ACM de curta duração, mas cada um deles tem particularidades e contraindicações específicas que ajudam a selecioná-los a depender do paciente e da situação em questão. Vamos detalhar cada um deles no tópico a seguir.

Dispositivos de assistência circulatória percutâneos

Os dispositivos de ACM de implante percutâneo são menos invasivos e usualmente têm menor durabilidade, de dias a semanas (Tabela 2).⁶ Dentre os dispositivos de curta duração de implante percutâneo disponíveis, destacam-se: o balão intra-aórtico (BIA), o TandemHeartTM e o ImpellaTM para suporte ventricular esquerdo, oxigenação por membrana

extracorpórea (ECMO) periférica para suporte biventricular e ImpellaRP e ProtekDuoTM para assistência ventricular direita (Figura 1).

a. Balão intra-aórtico

O BIA é o dispositivo de ACM de curta duração mais amplamente usado no Brasil. Foi introduzido em 1968 e, desde então, seu desenho continua o mesmo: trata-se de um balão insuflado com hélio posicionado na aorta torácica descendente, distal à artéria subclávia esquerda e proximal à emergência das artérias renais. A preferência pelo hélio se deve ao fato de ter baixa viscosidade permitindo rápida inflação e desinsuflação do balão, além de ser inócuo em caso de ruptura do mesmo. O balão é sincronizado ao ciclo cardíaco: a inflação ocorre na diástole, aumentando perfusão coronariana, e a desinsuflação ocorre na sístole, reduzindo resistência vascular periférica e aumentando débito cardíaco, além de diminuir o trabalho cardíaco.⁷

O ganho de débito cardíaco com uso do BIA depende de alguns fatores, variando de 0,5 a 1 L/min. A complacência aórtica é inversamente proporcional ao ganho diastólico do balão, de forma que pacientes jovens ou em choque distributivo que têm baixa resistência vascular periférica tendem a menor ganho. Taquicardia também leva a piora da performance do BIA, uma vez que o tempo do ciclo cardíaco se torna muito curto para adequada ciclagem do balão. O BIA também é inefetivo em ritmos sem pulso como fibrilação ventricular ou assistolia.⁹

A inserção é usualmente percutânea via artéria femoral, com ajuda de um fio guia e introdutor 8,5-9,0 Fr, de forma simples e à beira leito. A confirmação da posição do BIA se dá através do raio X de tórax, em que se observa a ponta do balão na altura da carina, fazendo com que esse dispositivo possa ser utilizado em pacientes críticos que não podem ser transportados. Mais recentemente, o acesso via artéria axilar ou subclávia vem sendo utilizado principalmente em pacientes com perspectiva de longo tempo de suporte para permitir maior mobilização ou em casos de dificuldade de acesso femoral, seja por doença arterial periférica severa, ou por obesidade dificultando acesso femoral. O tamanho do balão

Artigo de Revisão

Tabela 2 – Principais dispositivos de ACM de curta permanência de implante percutâneo

	BIA	ECMO	TandemHeart	Impella CP
Mecanismo	Pneumático	Centrífugo	Centrífugo	Axial
Cânula	7-9 Fr	21-25 Fr Inflow; 15-19 Fr Outflow	21 Fr Inflow; 15-17 Fr Outflow	14 Fr
Técnica de inserção	Aorta descendente via artéria femoral	Inflow: átrio direito via veia femoral; Outflow: aorta descendente via artéria femoral	Inflow: átrio esquerdo via veia femoral e punção com transfixação do septo interatrial; Outflow: artéria femoral	Inserção retrógrada no ventrículo esquerdo via artéria femoral
Suporte hemodinâmico	0,5 L/min	> 4,5 L/min	4 L/min	3,7 L/min
Tempo de implante	+	++	++++	++
Risco de isquemia de membros	+	+++	+++	++
Anticoagulação	+	+++	+++	+
Hemólise	+	++	++	++
Complexidade de manejo	+	+++	++++	++

ACM: assistência circulatória mecânica; BIA: balão intra-aórtico; ECMO: oxigenação por membrana extracorpórea; Fr: French.

depende da altura do paciente: 34 mL em pacientes de 1,52 a 1,63 m e 40 mL em pacientes > 1,64 m.⁷ O balão de 50 mL é pouco disponível no nosso meio, mas é preferível para pacientes com altura > 1,83 m.

A principal contraindicação do seu uso é a presença de insuficiência aórtica. Doenças da aorta ou doença arterial periférica grave são contraindicações relativas. Complicações possíveis do BIA são isquemia do membro ipsilateral ao acesso e de órgãos, sangramento no sítio de inserção, eventos ateroembólicos podendo inclusive levar a acidente vascular cerebral isquêmico, piora de função renal em caso de mal posicionamento do BIA e trombocitopenia por consumo.^{7,9}

Apesar do amplo uso atual, a literatura não demonstra benefício no seu uso no contexto de CC após infarto agudo do miocárdio. O estudo IABP SHOCK II (Intra-Aortic Balloon Pump in Cardiogenic Shock II) Trial foi o principal estudo randomizado avaliando o uso do BIA em CC após infarto agudo do miocárdio com revascularização do miocárdio precoce em 600 pacientes, e não mostrou diferença em mortalidade entre os grupos em 30 dias nem em seguimento a longo prazo.¹⁰ Uma possível explicação é o fato de o impacto do BIA no débito cardíaco ser pequeno e em muitos casos insuficiente para CC após infarto agudo do miocárdio.

Em CC relacionado a miocardiopatia crônica, a literatura carece de estudos. Em estudo brasileiro realizado no Instituto do Coração (HCFMUSP), 223 pacientes com miocardiopatia crônica e fração de ejeção média de 24% foram submetidos a implante de BIA no contexto de CC.¹¹ Comparado aos valores pré-implante, houve melhora da saturação venosa central, queda do lactato, menor necessidade de vasopressores e maior tolerância ao uso de nitroprussiato após implante do BIA, sugerindo melhora hemodinâmica após a intervenção. Apesar de poucas evidências, o BIA é um dispositivo acessível, de fácil implante, fácil manejo e que em casos selecionados pode trazer melhora hemodinâmica, sendo utilizado como primeira opção no nosso meio em CC.

b. ECMO periférica

A ECMO venoarterial (ECMO-VA) é um dispositivo que pode ter implante percutâneo ou cirúrgico e fornece suporte circulatório e respiratório. A ECMO-VA de implante percutâneo é composta por uma cânula que drena sangue do átrio direito através de inserção na veia femoral, uma bomba centrífuga e por uma membrana de oxigenação, e uma cânula de inserção na artéria femoral comum que direciona o fluxo para a aorta de forma retrógrada. Pode fornecer débito além de 4,5 L/min e suporte pulmonar, fazendo com que a ECMO-VA periférica seja muito utilizada em casos de pacientes muito instáveis hemodinamicamente e até em parada cardiorrespiratória pela rápida inserção das cânulas de forma percutânea à beira leito, e pelo fornecimento de suporte biventricular.^{7,12} Atualmente, é a única modalidade disponível no Brasil para assistência ventricular direita de forma percutânea.

Apesar de restaurar a perfusão sistêmica, devido ao fluxo retrógrado na aorta, a ECMO-VA periférica leva a um aumento de pós-carga ventricular esquerda, provocando distensão do ventrículo esquerdo (VE), congestão pulmonar significativa e dificultando a recuperação ventricular em causas reversíveis de CC.¹³ Pacientes com causa aguda de CC como infarto agudo do miocárdio e miocardite estão sob maior risco de distensão do VE uma vez que o VE nesses casos costuma ser menos complacente e a valva mitral habitualmente é competente. Pacientes com IC crônica em CC, por outro lado, têm VE distendido e insuficiência mitral e tendem a ter menos distensão, à custa de maior incidência de edema pulmonar. Além das consequências já citadas, a não abertura da valva aórtica com a pós-carga muito elevada leva à estase e à formação de trombo acima da valva aórtica e dentro do VE, aumentando risco de eventos embólicos.¹⁴ Nesses casos de distensão do VE, estratégias de descompressão das câmaras esquerdas levam a melhora da congestão pulmonar e parecem aumentar a chance de desmame do suporte e a redução de mortalidade quando realizada em

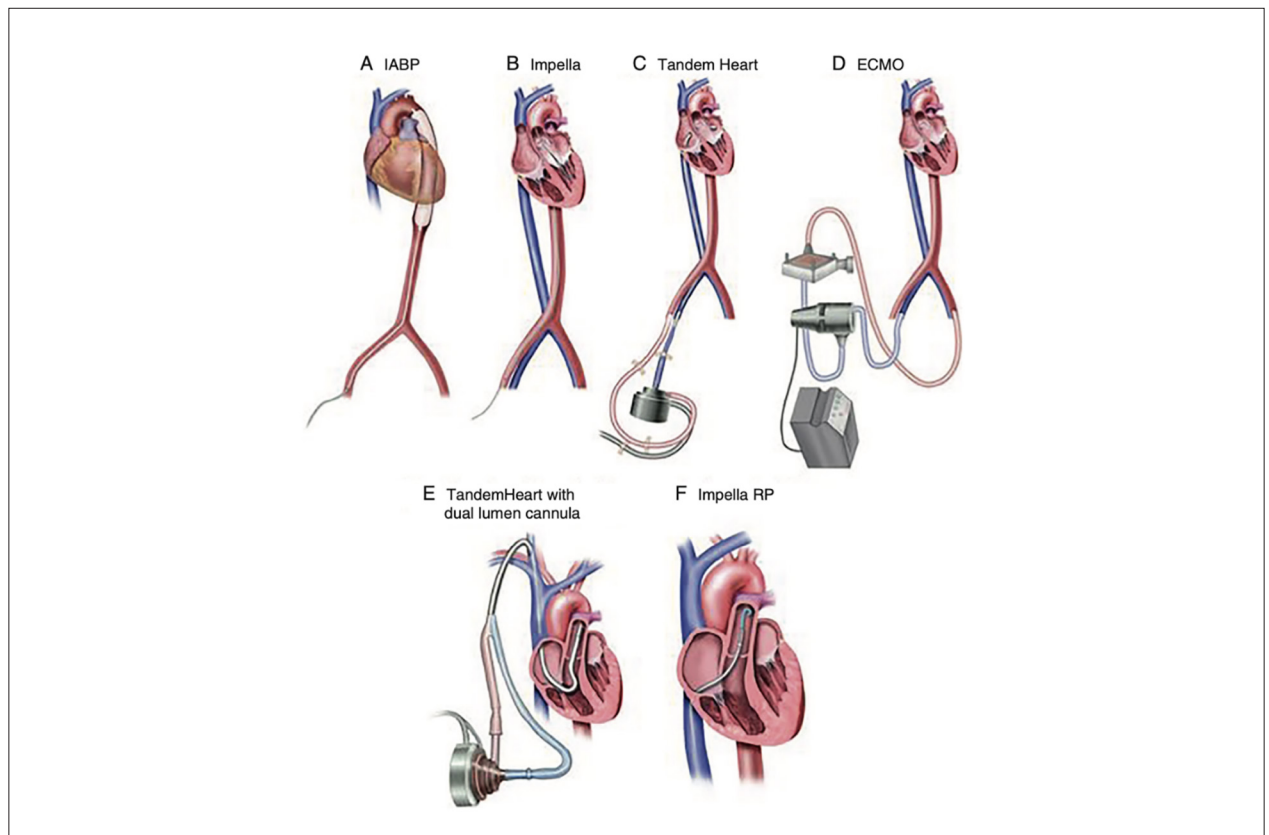


Figura 1 – Suporte circulatório mecânico temporário percutâneo para manejo do choque cardiogênico. Os dispositivos apresentados na primeira linha evidenciam os dispositivos mais usados para suporte circulatório esquerdo: (A) balão intra-aórtico, (B) Impella, (C) TandemHeart e (D) oxigenação por membrana extracorpórea (ECMO). A linha inferior apresenta os dispositivos usados para assistência circulatória direita: (E) ProtekDuo TandemHeart e (F) Impella RP. (Reproduzido com permissão de Mandawat e Rao.⁸)

menos de 12 horas, segundo metanálise recente.¹⁵ O uso de inotrópicos e vasodilatadores, a redução do fluxo da ECMO, e procedimentos adicionais como o uso associado de BIA ou Impella, a septostomia atrial e o implante de cânula em ponta do ventrículo esquerdo são estratégias possíveis de descompressão ventricular esquerda.^{5,7,15}

Insuficiência aórtica e dissecção de aorta contraindicam o uso da ECMO, assim como situações que impeçam adequada anticoagulação sistêmica e doença arterial obstrutiva periférica severa impossibilitando canulação periférica.⁷ Complicações da ECMO são comuns a outros dispositivos que utilizam acessos vasculares, como isquemia do membro ipsilateral à inserção da cânula, sendo mais frequente quanto maior o lúmen da mesma. Uma estratégia que minimiza essa complicação é a inserção de uma cânula de perfusão distal (5-8Fr) na artéria femoral superficial ou na tibial posterior de forma retrógrada. Outras complicações possíveis são sangramentos maiores incluindo hemorragia intracraniana, coagulopatia de consumo, hemólise, eventos tromboembólicos e infecção do circuito.¹⁶ Uma outra complicação específica da ECMO-VA é a síndrome de Harlequin, que ocorre quando o paciente começa a apresentar recuperação da função ventricular, mas o comprometimento pulmonar continua significativo, fazendo com que o sangue que sai da valva aórtica seja hipoxêmico e irrigue os primeiros ramos da aorta: tronco braquiocéfálico,

carótida esquerda e até a subclávia esquerda. Isso leva à hipoxemia segmentar nos membros superiores e sistema nervoso central e pode trazer consequências neurológicas a depender do grau de hipoxemia.¹⁷

Apesar da indicação da ECMO-VA ser bem estabelecida na prática clínica como ponte para recuperação e ponte para decisão, a literatura não mostra benefício de mortalidade com uso rotineiro dessa estratégia. Em 2022, foi publicado o estudo ECMO-CS, um estudo randomizado comparando ECMO-VA em CC em rápida deterioração versus tratamento habitual.¹⁸ Foram analisados 117 pacientes, 58 para ECMO-VA imediata e 59 para o grupo controle. Não houve diferença entre os grupos no desfecho primário composto por morte, ressuscitação cardiopulmonar ou instalação de outro dispositivo de assistência em 30 dias, mas 39% dos pacientes no grupo controle foram submetidos a suporte com ECMO de forma não imediata. A mortalidade em 30 dias foi 47,5% no grupo controle e 50% no grupo intervenção. Em 2023, o ECLS-SHOCK Trial com pacientes exclusivamente em CC pós-infarto foi publicado mostrando também ausência de benefício em mortalidade comparando 208 pacientes no grupo controle com 209 pacientes no grupo ECMO-VA, sendo a mortalidade em 30 dias de 47,8% versus 48%, respectivamente, além de ter havido mais sangramento no grupo intervenção do que no grupo controle.¹⁹ Ambos estudos não suportam o uso

Artigo de Revisão

rotineiro da ECMO-VA no CC, sendo necessária avaliação individualizada de cada paciente para identificar o momento ótimo de fornecer assistência circulatória, em que o paciente ainda não apresenta disfunções orgânicas irreversíveis e em que o implante do suporte não se torna fútil.

c. Impella™ 2.5 e Impella™ CP

O Impella é uma bomba rotatória de fluxo axial inserida através da valva aórtica, via acesso pela artéria femoral, que aspira sangue do VE para a raiz da aorta. Proporciona descompressão ventricular esquerda, melhor perfusão coronariana e reduz consumo de oxigênio pelo miocárdio.^{5,7,20} Além de ser usado no contexto de CC, é também utilizado como suporte para procedimentos de alto risco de instabilidade hemodinâmica, como angioplastia de tronco da coronária esquerda e ablação de taquicardia ventricular. Não depende da contratilidade miocárdica ou do ciclo cardíaco.

Para assistência circulatória esquerda, está disponível em quatro modelos: o 2.5, de implante percutâneo na artéria femoral, que fornece até 2,5 L/min de débito; o CP, também percutâneo, que fornece até 3,8 L/min de débito; o 5.0, que é de implante cirúrgico via artéria femoral ou axilar e permite débito de até 5 L/min; e o 5.5, também de implante cirúrgico permitindo débito cardíaco de até 6,2 L/min. O Impella 2.5 e CP são aprovados para uso por até 4 dias, e o Impella 5.0 e 5.5 até 10 e 14 dias, respectivamente, não sendo então o dispositivo de escolha para situações em que o tempo previsto de suporte seja mais prolongado.²⁰ O adequado posicionamento do Impella é feito na hemodinâmica com auxílio de fluoroscopia ou ecocardiograma transesofágico, posicionando o mesmo de forma que o orifício de influxo esteja longe o suficiente da parede ventricular para evitar sucção e também a 3,5-4 cm da valva aórtica para evitar lesão dos folhetos. Pela posição dentro do VE e através da valva aórtica, seu uso é contraindicado na presença de trombo no VE, estenose aórtica importante, insuficiência aórtica moderada a importante, dissecação de aorta e prótese aórtica mecânica, além de haver contraindicação relativa na presença de doença arterial obstrutiva periférica com acesso vascular < 6 mm, isquemia prévia no membro, e infecção no sítio de inserção.⁷

Complicações possíveis do uso do Impella são hemólise, isquemia do membro ou sangramento, especialmente se usado por tempo prolongado, piora de disfunção de VD levando à falência, e mais raramente perfuração cardíaca, fratura do dispositivo, dano valvar aórtico e acidente vascular cerebral isquêmico.²¹

Apesar do benefício hemodinâmico, o uso do Impella atualmente ainda não encontra evidência na literatura mostrando benefício clínico. O ISAR-Shock trial²² mostrou ganho de débito cardíaco e melhora hemodinâmica com uso do Impella 2.5 em CC comparado ao BIA, mas sem benefício de mortalidade, e outro estudo randomizado com 48 pacientes mostrou desfecho clínico semelhante.²³ Uma metanálise englobando esses 2 estudos randomizados e 5 estudos observacionais mostrou além de sobrevida semelhante, maior risco de sangramento, hemólise e complicações no membro com o Impella comparado ao BIA.²⁴ No Brasil, o seu uso é

limitado principalmente pelo custo, estando disponíveis em poucos centros.

d. TandemHeart™

O TandemHeart™ é um dispositivo de implante percutâneo que envolve uma cânula de entrada, posicionada no átrio esquerdo através de punção de veia femoral, com inserção através da veia cava e chegada no átrio direito, onde é feita a punção transeptal guiada por fluoroscopia e/ou ecocardiograma transesofágico. O fluxo é direcionado para uma bomba centrífuga e, através de uma cânula de saída posicionada na artéria femoral, é direcionado para aorta e gera um débito de até 4 L/min. Leva à redução da pressão de átrio esquerdo e pulmonar e melhora o débito, mas pode aumentar pós-carga do VE devido ao fluxo retrógrado na aorta, o que pode levar a distensão ventricular esquerda impedindo o TandemHeart de oferecer um efeito protetor miocárdico, semelhante a ECMO-VA periférica.²⁵

De forma semelhante a outros dispositivos, contraindicações ao implante do TandemHeart são doença arterial obstrutiva periférica severa, trombo interatrial e insuficiência aórtica. Defeito no septo interventricular pode em teoria evoluir com shunt direita-esquerda com uso desse dispositivo. Diferente do Impella, trombo no VE ou estenose aórtica não são contraindicações nesse caso. Complicações comuns a outros dispositivos que utilizam acesso vascular podem ocorrer: lesão vascular, sangramento, isquemia do membro. Pela punção transeptal, tamponamento cardíaco é uma complicação possível. Hemólise é pouco comum, mas pode ocorrer.^{7,25}

Em comparação ao BIA, estudos observacionais mostraram melhor desempenho hemodinâmico, mas sem diferença em mortalidade e maior incidência de complicações como sangramento e isquemia de membros inferiores.²⁵ Também há uma maior dificuldade de implante do dispositivo por envolver punção transeptal. No Brasil, o TandemHeart não está disponível.

e. Impella RP™

O modelo Impella RP proporciona assistência ventricular direita, aspirando sangue da veia cava inferior para a artéria pulmonar, e pode ser usado em situações como falência primária de VD ou falência de VD pós-implante de dispositivo de longa duração. Proporciona fluxo de até 4 L/min. O estudo RECOVER RIGHT mostrou que o uso desse dispositivo em pacientes com falência de VD pós-implante de dispositivo de assistência ventricular esquerda, pós-cardiotomia e pós-infarto foi de fácil manejo, com sobrevida da coorte de 73% em 30 dias e 62% em 180 dias.²⁶ É contraindicado em pacientes com trombo no VD, estenose ou regurgitação tricúspide ou pulmonar, ou presença de próteses mecânicas à direita.

Complicações possíveis são as relacionadas à punção venosa como dissecação venosa, perfuração de veia femoral, ilíaca ou cava, mal posicionamento do dispositivo com fenômenos de sucção. Radiografia de tórax deve ser diária para monitorar a posição do dispositivo, e, em caso de alteração no fluxo ou curva da bomba, deve ser realizado ecocardiograma transesofágico para confirmar o posicionamento.⁷ Atualmente não está disponível no Brasil.

f. TandemHeart ProtekDuo™

Esse dispositivo mais recente permite assistência ventricular direita, com a vantagem, em relação ao Impella RP, de possibilitar mobilização precoce do paciente. É inserido de forma percutânea na veia jugular interna direita, possibilitando aspiração de sangue do átrio direito, passagem por uma bomba do sistema TandemHeart e devolução na artéria pulmonar. É indicado em casos de falência de VD pós-implante de dispositivo de assistência de longa duração, e tem a vantagem de a sua retirada ser simples sem necessidade de procedimento cirúrgico adicional.²⁷ Complicações possíveis são sangramento no sítio de punção, perfuração venosa, e outras relacionadas ao acesso venoso. Assim como em qualquer dispositivo de assistência direita, deve ser monitorizada a congestão pulmonar pelo aumento do débito do VD. Também de forma semelhante ao Impella RP, é contraindicado em pacientes com trombo no VD, estenose ou regurgitação tricúspide ou pulmonar, ou presença de próteses mecânicas a direita.⁷ Ainda não está disponível no Brasil.

Dispositivos de assistência circulatória de implante cirúrgico

Os dispositivos de implante cirúrgico, apesar de possuírem maior durabilidade e melhor perfil de segurança a longo prazo quando comparados aos de implante percutâneo, são mais invasivos, necessitando de procedimento cirúrgico com anestesia e de programação prévia para passagem, o que limita seu uso em casos de salvamento em pacientes em franco CC e em classificação INTERMACS 1. Os dispositivos de ACM de curta/intermediária duração de implante cirúrgico mais disponíveis são: Impella 5.0™, Impella LD™, Impella 5.5™, ECMO-VA central e CentriMag™.^{5,7}

a. Impella 5.0, Impella LD e Impella 5.5 (Abiomed)

A descrição geral do Impella já foi realizada no tópico de dispositivos percutâneos. A diferença entre os dois que serão expostos agora são a maior magnitude de fluxo que consegue dar e ao modo de inserção. Possui ainda um melhor perfil de segurança de complicações vasculares e capacidade de ser usado por um período maior.⁶

O Impella 5.0 requer um corte cirúrgico na artéria femoral direita, porém, caso não tiver uma expectativa de retirada a curto prazo, o recomendado é que a inserção seja feita pela artéria axilar, com uso de introdutor de 23 Fr. Esse dispositivo tem capacidade de fornecer um fluxo de até 5 L/min, com duração de uso aprovada de 10 dias.⁷

O Impella LD se diferencia do 5.0 pelo modo de inserção sendo realizado cirurgicamente na aorta ascendente, com passagem direta pela válvula aórtica e colocação no VE. Apresenta a desvantagem em relação ao anterior de necessitar de esternotomia. Por isso é utilizado geralmente em quadro de falência de bomba com dificuldade de saída de circulação extracorpórea, com a vantagem de reduzir complicações vasculares e ter menor risco de eventos tromboembólicos.⁷

Recentemente o uso do Impella 5.5 foi aprovado pela Food and Drug Administration dos Estados Unidos para uso em CC. A inserção pode ser feita tanto diretamente pela aorta ascendente quanto pela artéria axilar, com duração de até 14

dias. O benefício dele em relação aos outros dois é devido ao fornecimento de um fluxo maior, até 6 L/min, por ser um dispositivo mais fino e mais curto, o que facilita a inserção através dos vasos, e por ter a presença de um SmartAssist. Esse sistema fornece informações sobre débito cardíaco, pressão diastólica final, pressão do VE, dados esses que facilitam a configuração e desmame do dispositivo, otimizando a chance de recuperação do coração nativo. Além disso, os sensores presentes no SmartAssist fornecem de forma mais precisa o local de posição da bomba, permitindo o monitoramento e a reposição à beira leito de forma mais eficaz, posição essa que, como dito anteriormente, está diretamente relacionada ao bom funcionamento do dispositivo.^{6,7}

As indicações, contraindicações e complicações dos diversos Impellas de inserção cirúrgica são semelhantes aos de inserção percutânea, e a escolha deve se basear no perfil de paciente que estamos lidando, levando em conta principalmente a magnitude de fluxo que ele precisa, o tempo de suporte e a possibilidade de acesso vascular periférico. No Brasil, nenhum desses tipos de Impella está disponível para uso.

b. ECMO venoarterial central

A ECMO-VA central diferentemente da periférica requer passagem em centro cirúrgico, e, excetuando os casos em que ocorre a canulação da artéria axilar, haverá a necessidade de uma esternotomia para sua colocação. Seu uso mais comum se dá no choque pós-cardiotomia, aproveitando-se do procedimento cirúrgico em si, porém é uma alternativa interessante de upgrade da ECMO-VA periférica nas situações em que ela está sendo insuficiente na perfusão orgânica, quando há isquemia de membros inferiores por intercorrências arteriais periféricas pelo dispositivo e/ou quando há sobrecarga volêmica pulmonar devido ao aumento de pós-carga do VE.⁷

Os sítios preferíveis para canulação da ECMO-VA central são o átrio direito, onde é inserida a cânula de influxo, e a aorta ascendente, para a cânula de efluxo. O tamanho das cânulas deve ser determinado pelo tamanho do paciente e pelo débito cardíaco almejado para ele, geralmente entre 18 e 24 Fr na aorta e 28 e 36 Fr no átrio direito, e uma boa fixação deve ser realizada para evitar ao máximo sangramento. Apesar de o tórax ser geralmente mantido aberto com curativo oclusivo, o fechamento do tórax está associado a uma maior taxa de sucesso de extubação, facilidade de mobilização do paciente e a um menor risco de infecção.^{5,7}

Apresenta características semelhantes a ECMO-VA periférica com um fluxo que varia de 4 a 6 L/min e uma capacidade de suporte hemodinâmico biventricular e respiratório, pela presença de uma membrana de oxigenação. Apresenta as vantagens de ter um fluxo sem limitação e anterógrado pelo dispositivo, não aumentando a pós-carga do VE, a ausência de complicação das artérias periféricas e a capacidade de inserir dispositivo de descompressão do VE. Porém, apresenta desvantagens como o fato de ser de inserção cirúrgica, aumentando o risco do procedimento ao paciente já grave, maior risco de infecção, principalmente se o tórax aberto, potencial de dissecação de aorta e de eventos isquêmicos embólicos.⁶

Artigo de Revisão

A ECMO-VA central é o dispositivo de ACM de curta permanência de inserção cirúrgica mais disponível para suporte na ICA no Brasil.⁵

c. CentriMag™

A CentriMag™ é um dispositivo de inserção cirúrgica via esternotomia mediana ou lateral para suporte circulatório agudo, podendo ser usado por até 30 dias, como assistência extracorpórea de VD, VE ou biventricular. Seu uso como um circuito cardiopulmonar também é possível por um período de até 6 horas.²⁸

O sistema da CentriMag é composto por um console, bomba centrífuga, cânula de fluxo e motor. Há presença de rotor flutuante que levita por forças magnéticas, reduzindo o atrito, o desgaste e a produção de calor do giro do dispositivo, reduzindo com isso o risco de falência mecânica e de eventos de hemocompatibilidade (trombose, sangramento e hemólise) pelo dispositivo. O fluxo gerado pelo dispositivo pode chegar a 10 L/min. O ajuste de velocidade, responsável por gerar tal fluxo, é feito apenas com o giro de um botão, fazendo com que seja rápido e fácil o acoplamento do dispositivo com o cenário do paciente, promovendo aumento do fluxo nos casos de choque circulatório e redução dele no desmame dispositivo.⁶

A colocação da CentriMag é cirúrgica, realizada com técnicas semelhante a outras canulações de *bypass* cardiopulmonar, e sua versatilidade à conexão de vários tipos de cânulas facilita o procedimento de inserção, com uma configuração de assistência flexível. Em caso de suporte ao VE, a cânula de influxo é colocada no átrio esquerdo ou no ápice do VE a cânula de efluxo colocada na aorta ascendente. Em caso de suporte ao VD, a cânula de influxo é inserida no átrio direito ou no VD e a cânula de efluxo é disposta na artéria pulmonar, diretamente ou através da anastomose de um enxerto vascular. A assistência biventricular é realizada com a combinação das duas configurações citadas (Figura 2). A versatilidade do dispositivo ainda permite a inserção de oxigenador no circuito em casos de necessidade de suporte pulmonar. A evolução das técnicas de inserção com a realização minitoracotomia, ou mesmo minimamente invasiva sem esternotomia e uso de enxertos arteriais periféricos como a arterial axilar, veia jugular e femoral, reduz o risco de complicações da colocação do dispositivo.²⁸

As principais indicações desse dispositivo são tanto ICA que evolui para CC em diversas etiologias (pós-infarto agudo do miocárdio, IC crônica descompensada, miocardite) quanto o CC após procedimento cirúrgico cardíaco, como falência de VD pós Txc, disfunção primária do enxerto, choque pós-cardiotomia e choque de VD após implante de ACM de longa permanência para assistência ao VE. Apesar do risco de fenômenos tromboembólicos ser reduzido na CentriMag, devido ao seu modo de funcionamento, o uso de anticoagulante ainda é indicado. A manutenção de um fluxo do dispositivo acima de 4 L/min reduz o risco de trombose.^{6,7}

Há pouca evidência do uso da CentriMag no CC. A maioria dos estudos são pequenos e/ou não randomizados, além dos desfechos serem diferentes a depender da etiologia

do choque. O maior deles, um estudo de coorte que incluiu 143 pacientes, teve uma média de duração de uso de 14 dias (variando de 8 a 26 dias), com mortalidade em 30 dias e 1 ano de 69% e 49%, respectivamente.²⁹ Em outro estudo menor com uso do dispositivo em 12 pacientes com choque pós-cardiotomia, 8 deles sobreviveram até o implante de dispositivo de ACM de longa duração, 2 alcançaram recuperação completa e 2 morreram.

A presença de complicação com o dispositivo parece estar diretamente relacionada ao tempo de uso. Não é incomum nos pacientes com dispositivo a ocorrência de sangramento, eventos neurológicos como acidente vascular cerebral isquêmico e hemorrágico, arritmias atriais e ventriculares, infecção e insuficiência respiratória e renal. Apesar disso, poucos casos de falência de bomba e hemólise são vistos mesmo com tempo prolongado de uso. Não existe grandes contraindicações ao uso da CentriMag, mas alguns exemplos são a presença de coagulopatia e/ou sangramento grave onde o uso do anticoagulante não é possível, e pacientes em cuidados paliativos, sem perspectiva de melhora e/ou tratamento avançados como Txc ou dispositivos de ACM de longa permanência.^{6,7}

Seleção do paciente: dentre as opções, qual dispositivo preferir?

A seleção do dispositivo para cada se baseia em uma análise de diferentes fatores como perfil INTERMACS (Tabela 3), estratégia de uso, débito cardíaco adicional necessário, presença de disfunção de VE ou VD isolada ou biventricular, presença de contraindicações e disponibilidade. Idealmente a escolha do dispositivo deve ser feita baseada em avaliação hemodinâmica invasiva com cateter de artéria pulmonar.

Pacientes em INTERMACS 1, ou seja, CC crítico, devem ser priorizados para dispositivos à beira leito que forneçam rápida assistência. Em geral, os dispositivos de implante percutâneo são preferíveis para essa situação, objetivando resgate metabólico e posterior avaliação da viabilidade multissistêmica que poderá guiar intervenções futuras.^{4,6,31} Nesse cenário, quando o choque é predominantemente do VE, o BIA pode ser a primeira opção por apresentar maior disponibilidade, baixo custo e baixa complexidade de implante, mas oferece, por outro lado, baixo débito cardíaco adicional, sendo em muitos casos insuficiente para fornecer perfusão adequada. Nesses casos, é necessário escalonar o suporte para dispositivo que forneça maior débito, sendo o mais disponível a ECMO-VA periférica. Em casos emergenciais pré-parada cardiorrespiratória ou durante parada cardiorrespiratória, a ECMO-VA periférica é o dispositivo de escolha.

Pacientes em INTERMACS 2, ou seja, piorando funções orgânicas a despeito de inotrópicos, podem ser considerados para outros dispositivos percutâneos (se disponíveis) que necessitam de deslocamento para setor de hemodinâmica, como Impella 2.5, Impella CP ou TandemHeart em choque do VE e Impella RP e ProtekDuo em choque de VD. Em casos de disfunção biventricular, é possível a combinação de dois dispositivos³⁰ como citado na Tabela 1, mas com importante

Tabela 3 – Classificação INTERMACS de gravidade da insuficiência cardíaca

Nível	Descrição	Estado hemodinâmico	Tempo para intervenção
1	Choque cardiogênico crítico	Hipotensão persistente apesar de suporte inotrópico e BIA, com hipoperfusão orgânica crítica (“ <i>crash and burn</i> ”)	Horas
2	Piora progressiva apesar do uso de inotrópico	Declínio progressivo de funções orgânicas, retenção hídrica e nutrição a despeito do uso de inotrópicos em doses otimizadas	Dias
3	Estável com inotrópico	Estável com doses moderadas de inotrópicos, mas falência de desmame	Eletiva, em semanas a meses
4	Sintomas em repouso	Retenção hídrica e descompensações frequentes, apesar de tolerar desmame de inotrópico	Eletiva, em semanas a meses
5	Intolerante ao esforço	Grave intolerância aos esforços, congestão presente, confortável em repouso	Urgência variável, dependente da nutrição e função orgânica
6	Limitado ao esforço	Limitação moderada aos esforços, menos congestão	Urgência variável, dependente da nutrição e função orgânica
7	CF III (NYHA)	Estabilidade hemodinâmica sem sinais de hipervolemia	Sem indicação

BIA: balão intra-aórtico; CF: classe funcional; NYHA: New York Heart Association. Adaptada da Diretriz de Assistência Circulatória Mecânica da Sociedade Brasileira de Cardiologia.⁵

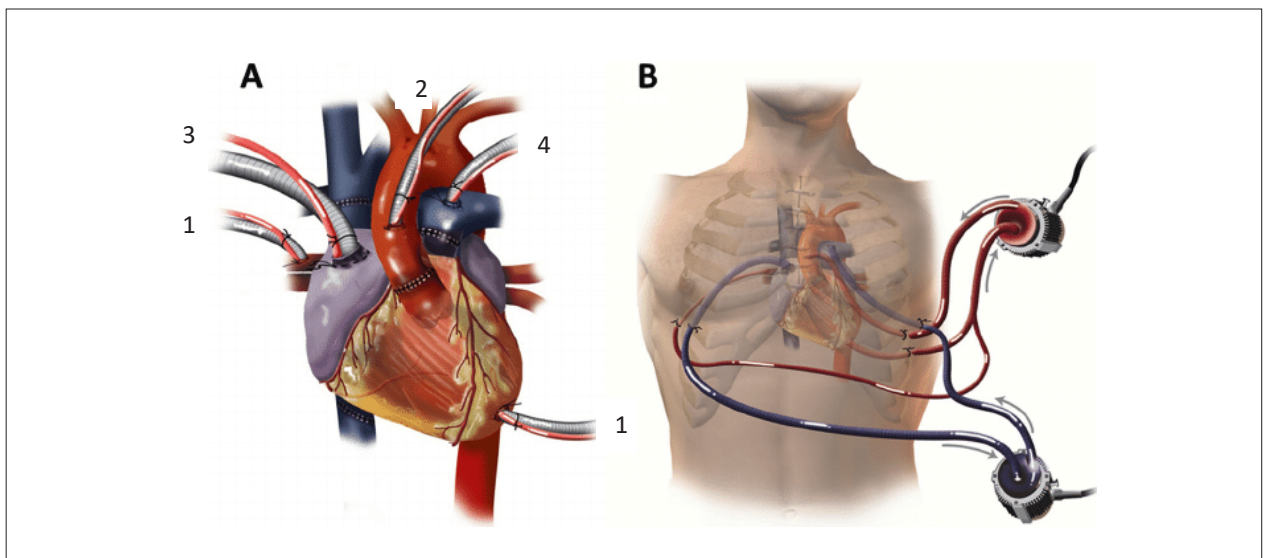


Figura 2 – (A) Canulação de uma CentriMag biventricular: com cânulas de influxo no átrio esquerdo e ventrículo esquerdo [1] e no átrio direito [2] e cânula de efluxo na aorta [3] e na artéria pulmonar [4]. (B) Cânulas da CentriMag vistas de fora conectadas à bomba, retiradas do tórax nessa figura via incisões intercostais e subcostais. Imagem retirada do artigo Kaczorowski et al.³⁰

limitação de custo e maior complexidade de manejo, sendo na maioria dos casos preferível a ECMO-VA.

Os dispositivos de implante cirúrgico são preferíveis em pacientes que já estão sendo submetidos a cirurgia cardíaca por outro motivo, como em situações de choque pós-cardiotomia, disfunção primária do enxerto pós-Txc e choque de VD pós-implante de dispositivo de longa duração. Podem ainda ser considerados em pacientes que apresentam alguma complicação indesejada de um dispositivo de implante percutâneo, como por exemplo, na distensão do VE e congestão pulmonar na ECMO periférica e TandemHeart, e em caso de doença vascular periférica grave, desde que o paciente tenha condições clínicas de transporte e de ser submetido a procedimento cirúrgico mais invasivo.

Eventualmente, se o paciente está em centro de menor complexidade, este deve ser transferido para um centro capacitado para transplante cardíaco e terapia avançada para suporte ventricular de curto e longo prazo.^{4,31} A estabilização clínica com o implante de dispositivos de suporte circulatório temporário antes da transferência pode ampliar a segurança do transporte desses pacientes em estágio crítico e deve ser discutida com o centro que receberá o paciente.

Mensagens finais

O CC continua sendo uma condição de alta morbimortalidade apesar dos avanços em tecnologia, e

Artigo de Revisão

o uso rotineiro dos dispositivos de curta duração no CC não tem até então mostrado aumento de sobrevida na literatura. No entanto, casos cuidadosamente avaliados e selecionados podem se beneficiar de ACM de curta duração, sendo necessários mais estudos para respaldar o uso dos dispositivos de ACM de curta duração nesse contexto.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa e Análise e interpretação dos dados: Belfort DSP, Dantas RCT; Obtenção de dados: Belfort DSP, Dantas RCT, Ayub-Ferreira SM; Redação do manuscrito: Belfort DSP, Dantas RCT; Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo: Ayub-Ferreira SM.

Referências

1. Arrigo M, Jessup M, Mullens W, Reza N, Shah AM, Sliwa K, et al. Acute Heart Failure. *Nat Rev Dis Primers*. 2020;6(1):16. doi: 10.1038/s41572-020-0151-7.
2. Albuquerque DC, Neto JD, Bacal F, Rohde LE, Pereira SB, Berwanger O, et al. I Brazilian Registry of Heart Failure - Clinical Aspects, Care Quality and Hospitalization Outcomes. *Arq Bras Cardiol*. 2015;104(6):433-42. doi: 10.5935/abc.20150031.
3. Vahdatpour C, Collins D, Goldberg S. Cardiogenic Shock. *J Am Heart Assoc*. 2019;8(8):e011991. doi: 10.1161/JAHA.119.011991.
4. Tehrani BN, Truesdell AG, Psotka MA, Rosner C, Singh R, Sinha SS, et al. A Standardized and Comprehensive Approach to the Management of Cardiogenic Shock. *JACC Heart Fail*. 2020;8(11):879-91. doi: 10.1016/j.jchf.2020.09.005.
5. Ayub-Ferreira SM, Souza JD Neto, Almeida DR, Biselli B, Avila MS, Colafranceschi AS, et al. Diretriz de Assistência Circulatória Mecânica da Sociedade Brasileira de Cardiologia. *Arq Bras Cardiol*. 2016;107(2 Suppl 2):1-33. doi: 10.5935/abc.20160128.
6. Telukuntla KS, Estep JD. Acute Mechanical Circulatory Support for Cardiogenic Shock. *Methodist DeBakey Cardiovasc J*. 2020;16(1):27-35. doi: 10.14797/mdcj-16-1-27.
7. Bernhardt AM, Copeland H, Deswal A, Gluck J, Givertz MM. The International Society for Heart and Lung Transplantation/Heart Failure Society of America Guideline on Acute Mechanical Circulatory Support. *J Card Fail*. 2023;29(3):304-74. doi: 10.1016/j.cardfail.2022.11.003.
8. Mandawat A, Rao SV. Percutaneous Mechanical Circulatory Support Devices in Cardiogenic Shock. *Circ Cardiovasc Interv*. 2017;10(5):e004337. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.116.004337.
9. Parissis H, Graham V, Lampridis S, Lau M, Hooks G, Mhandu PC. IABP: History-Evolution-Pathophysiology-Indications: What We Need to Know. *J Cardiothorac Surg*. 2016;11(1):122. doi: 10.1186/s13019-016-0513-0.
10. Thiele H, Zeymer U, Neumann FJ, Ferenc M, Olbrich HG, Hausleiter J, et al. Intra-aortic Balloon Support for Myocardial Infarction with Cardiogenic Shock. *N Engl J Med*. 2012;367(14):1287-96. doi: 10.1056/NEJMoa1208410.
11. Bezerra CG, Adam EL, Baptista ML, Ciambelli GS, Kopel L, Bernoche C, et al. Aortic Counterpulsation Therapy in Patients with Advanced Heart Failure: Analysis of the TBRIDGE Registry. *Arq Bras Cardiol*. 2016;106(1):26-32. doi: 10.5935/abc.20150147.
12. Rao P, Khalpey Z, Smith R, Burkhoof D, Kociol RD. Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation for Cardiogenic Shock and

Potencial conflito de interesse

Não há conflito com o presente artigo

Fontes de financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Aprovação ética e consentimento informado

Este artigo não contém estudos com humanos ou animais realizados por nenhum dos autores.

Cardiac Arrest. *Circ Heart Fail*. 2018;11(9):e004905. doi: 10.1161/CIRCHEARTFAILURE.118.004905.

13. Burkhoof D, Sayer G, Doshi D, Uriel N. Hemodynamics of Mechanical Circulatory Support. *J Am Coll Cardiol*. 2015;66(23):2663-74. doi: 10.1016/j.jacc.2015.10.017.
14. Dickstein ML. The Starling Relationship and Veno-Arterial ECMO: Ventricular Distension Explained. *ASAIO J*. 2018;64(4):497-501. doi: 10.1097/MAT.0000000000000660.
15. Schrage B, Becher PM, Bernhardt A, Bezerra H, Blankenberg S, Brunner S, et al. Left Ventricular Unloading is Associated with Lower Mortality in Patients with Cardiogenic Shock Treated with Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation: Results from an International, Multicenter Cohort Study. *Circulation*. 2020;142(22):2095-106. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.120.048792.
16. Rupperecht L, Lunz D, Philipp A, Lubnow M, Schmid C. Pitfalls in Percutaneous ECMO Cannulation. *Heart Lung Vessel*. 2015;7(4):320-6.
17. Wilson J, Fisher R, Caetano F, Soliman-Aboumarie H, Patel B, Ledot S, et al. Managing Harlequin Syndrome in VA-ECMO - do not Forget the Right Ventricle. *Perfusion*. 2022;37(5):526-9. doi: 10.1177/02676591211020895.
18. Ostadal P, Rokyta R, Karasek J, Kruger A, Vondrakova D, Janotka M, et al. Extracorporeal Membrane Oxygenation in the Therapy of Cardiogenic Shock: Results of the ECMO-CS Randomized Clinical Trial. *Circulation*. 2023;147(6):454-64. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.122.062949.
19. Thiele H, Zeymer U, Akin I, Behnes M, Rassaf T, Mahabadi AA, et al. Extracorporeal Life Support in Infarct-Related Cardiogenic Shock. *N Engl J Med*. 2023;389(14):1286-97. doi: 10.1056/NEJMoa2307227.
20. Zein R, Patel C, Mercado-Alamo A, Schreiber T, Kaki A. A Review of the Impella Devices. *Interv Cardiol*. 2022;17:e05. doi: 10.15420/icr.2021.11.
21. Iannaccone M, Albani S, Giannini F, Colangelo S, Boccuzzi GG, Garbo R, et al. Short Term Outcomes of Impella in Cardiogenic Shock: a Review and Meta-Analysis of Observational Studies. *Int J Cardiol*. 2021;324:44-51. doi: 10.1016/j.ijcard.2020.09.044.
22. Seyfarth M, Sibbing D, Bauer I, Fröhlich G, Bott-Flügel L, Byrne R, et al. A Randomized Clinical Trial to Evaluate the Safety and Efficacy of a Percutaneous Left Ventricular Assist Device versus Intra-Aortic Balloon Pumping for Treatment of Cardiogenic Shock Caused by Myocardial Infarction. *J Am Coll Cardiol*. 2008;52(19):1584-8. doi: 10.1016/j.jacc.2008.05.065.

23. Ouwenel DM, Eriksen E, Sjaauw KD, van Dongen IM, Hirsch A, Packer EJ, et al. Percutaneous Mechanical Circulatory Support versus Intra-Aortic Balloon Pump in Cardiogenic Shock after Acute Myocardial Infarction. *J Am Coll Cardiol*. 2017;69(3):278-87. doi: 10.1016/j.jacc.2016.10.022.
24. Moustafa A, Khan MS, Saad M, Siddiqui S, Eltahawy E. Impella Support versus Intra-Aortic Balloon Pump in Acute Myocardial Infarction Complicated by Cardiogenic Shock: a Meta-Analysis. *Cardiovasc Revasc Med*. 2022;34:25-31. doi: 10.1016/j.carrev.2021.01.028.
25. Burkhoff D, Cohen H, Brunckhorst C, O'Neill WW. A Randomized Multicenter Clinical Study to Evaluate the Safety and Efficacy of the Tandemheart Percutaneous Ventricular Assist Device versus Conventional Therapy with Intraaortic Balloon Pumping for Treatment of Cardiogenic Shock. *Am Heart J*. 2006;152(3):469.e1-8. doi: 10.1016/j.ahj.2006.05.031.
26. Anderson MB, Goldstein J, Milano C, Morris LD, Kormos RL, Bhamra J, et al. Benefits of a Novel Percutaneous Ventricular Assist Device for Right Heart Failure: the Prospective RECOVER RIGHT Study of the Impella RP Device. *J Heart Lung Transplant*. 2015;34(12):1549-60. doi: 10.1016/j.healun.2015.08.018.
27. Salna M, Garan AR, Kirtane AJ, Karpaliotis D, Green P, Takayama H, et al. Novel Percutaneous Dual-Lumen Cannula-Based Right Ventricular Assist Device Provides Effective Support for Refractory Right Ventricular Failure after Left Ventricular Assist Device Implantation. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2020;30(4):499-506. doi: 10.1093/icvts/ivz322.
28. Mohite PN, Zych B, Popov AF, Sabashnikov A, Sáez DG, Patil NP, et al. Centrimag Short-Term Ventricular Assist as a Bridge to Solution in Patients with Advanced Heart Failure: Use Beyond 30 Days. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2013;44(5):e310-5. doi: 10.1093/ejcts/ezt415.
29. John R, Long JW, Massey HT, Griffith BP, Sun BC, Tector AJ, et al. Outcomes of a Multicenter Trial of the Levitronix Centrimag Ventricular Assist System for Short-Term Circulatory Support. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2011;141(4):932-9. doi: 10.1016/j.jtcvs.2010.03.046.
30. Kaczorowski DJ, Datta J, Kamoun M, Dries DL, Woo YJ. Profound Hyperacute Cardiac Allograft Rejection Rescue with Biventricular Mechanical Circulatory Support and Plasmapheresis, Intravenous Immunoglobulin, and Rituximab Therapy. *J Cardiothorac Surg*. 2013;8:48. doi: 10.1186/1749-8090-8-48.
31. Chioncel O, Parissis J, Mebazaa A, Thiele H, Desch S, Bauersachs J, et al. Epidemiology, Pathophysiology and Contemporary Management of Cardiogenic Shock - a Position Statement from the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology. *Eur J Heart Fail*. 2020;22(8):1315-41. doi: 10.1002/ehf.1922.

