

Avanços no Suporte Circulatório Mecânico no Tratamento da Insuficiência Cardíaca

Advances in Mechanical Circulatory Support in the Treatment of Heart Failure

Claudio Leo Gelape¹ e Si M. Pham²

Universidade Federal de Minas Gerais - Hospital das Clínicas¹, Belo Horizonte, MG, Brasil; University of Miami (Miller School of Medicine) - Jackson Memorial Hospital², Miami, USA

Resumo

A Insuficiência Cardíaca (IC) é uma doença crônica e debilitante. Nos Estados Unidos, 250-500 mil pacientes se encontram em fase terminal de IC refratária ao tratamento clínico. O prognóstico desses pacientes é ruim, com média de sobrevida de 3 a 4 meses e de 6% em um ano para aqueles doentes inotrópico-dependentes. Por causa da alta mortalidade observada na presença de IC, o uso de suporte circulatório mecânico é, em muitos casos, a única chance de sobrevida enquanto se espera por um doador. Nos últimos anos, o implante dos Dispositivos de Assistência Ventricular (DAV) como Terapia Definitiva (TD) surgiu como terapia promissora em substituição ao transplante cardíaco. Há um hiato entre a demanda de pacientes para TD e o real número de procedimentos realizados, o que reflete o desconhecimento em relação à nova tecnologia, bem como a relutância em referir os pacientes mais precocemente. Trabalhos revelaram superior sobrevida entre os DAV e o tratamento clínico, e significativa melhora na qualidade de vida dos pacientes mantidos com DAV. A sobrevida em um ano de 75% com DAV de fluxo contínuo proporcionou uma marca a ser atingida pela terapia de assistência ventricular. No Brasil, a falta de suporte financeiro pelas agências de saúde ainda não permitiu o acesso dos pacientes ao uso de suporte mecânico cardíaco no tratamento da IC.

A Insuficiência Cardíaca (IC) é uma doença epidêmica. Estima-se que 5,7 milhões de pessoas têm IC nos Estados Unidos, e 300 mil mortes/ano ocorrem por alguma complicação da doença. A IC afeta 1 em cada 100 adultos acima de 65 anos e é responsável por 1,1 milhão de hospitalizações nos Estados Unidos, levando a gastos na ordem de 37,2 bilhões de dólares anualmente^{1,2}. Apesar de todo o tratamento disponível, o prognóstico da IC se mantém

sombrio³⁻⁵. A mortalidade em 1 e 5 anos com a terapêutica clínica é de 30% e 60%, respectivamente⁶. O número de pacientes refratários a essa terapia varia de 0,5% a 5%, com relatos de aumento significativo desses números nos últimos anos⁷. Além disso, a mortalidade na primeira internação pode chegar a 33%⁸. Frequentes re-hospitalizações (20% dos pacientes retornam ao hospital em 1 mês e 50% em 6 meses) contribuem para a queda na qualidade de vida^{8,9}.

Agentes orais (inibidores da enzima conversora de angiotensina, bloqueadores dos receptores de angiotensina, inibidores da aldosterona e betabloqueadores) são o pilar do tratamento clínico da IC crônica; porém, relata-se melhora de apenas 3% a 9% na sobrevida⁴. A capacidade funcional experimentada pelos doentes com o tratamento medicamentoso é muito baixa. Agentes venosos como dobutamina e milrinona, frequentemente utilizados para estabilização hemodinâmica, aumentam a mortalidade em 50% em 6 meses, e 80% em 1 ano^{5,10}. Esse cenário sugere claramente que a terapia clínica é subótima e que o bloqueio farmacológico neuro-hormonal parece não ser seguro e eficaz¹¹.

O Suporte Circulatório Mecânico (SCM) de curta duração pode ser utilizado na IC aguda especialmente no infarto agudo do miocárdio e no choque cardiogênico¹². No tratamento da IC crônica considera-se que a única terapia definitiva é o tx cardíaco (TX) que pode oferecer capacidade funcional, qualidade de vida e melhor expectativa de sobrevida em longo prazo¹³. Entretanto, ante o descompasso entre potenciais candidatos e doações, o TX é uma opção muitas vezes inadequada. Nesse contexto, o SCM com os Dispositivos de Assistência Ventricular (DAV) tornou-se opção atrativa. Esses dispositivos oferecem assistência ao coração doente, que é geralmente mantido para servir ou como bomba de suporte ou como conduto para encher o dispositivo¹⁴. Os DAV podem agir como terapia de ponte para futuro transplante (PT), ponte para uma possível recuperação do coração ou como Terapia Definitiva (TD).

O progresso tecnológico contribuiu para o desenvolvimento de bombas de fluxo sanguíneo pulsátil e contínuo¹⁵. O implante precoce dos dispositivos e a diminuição da taxa de complicações melhoraram a sobrevida após a utilização dos DAV, que pode se aproximar à do TX em alguns relatos¹⁶. Por esse motivo, atualmente os DAV são considerados opção segura quando empregados em pacientes classe funcional III e IV da NYHA¹⁷. Entretanto, a utilização mais frequente dos DAV tem sido limitada pelo tamanho dos dispositivos e por diversos eventos adversos a eles relacionados, como infecção, sangramento, embolização e problemas mecânicos.

Palavras-chave

Insuficiência cardíaca/mortalidade, suporte vital cardíaco avançado/tendências, insuficiência cardíaca/terapia, coração auxiliar.

Correspondência: Claudio Leo Gelape •

Rua Bernardo Guimarães, 640 / 504 - 30140-660 - Funcionários, Belo Horizonte, MG, Brasil

E-mail: clgelape@uol.com.br, clgelape@uai.com.br

Artigo recebido em 20/09/11; revisado recebido em 07/11/11; aceito em 10/11/11.

Avanços dos DAV

Em 1963, DeBakey implantou o primeiro DAV em um paciente no pós-operatório de troca valvar aórtica¹⁸. Desde 1964, o National Heart, Lung, and Blood Institute (NHLBI) patrocina o desenvolvimento de dispositivos para suporte circulatório de curto e longo prazos, incluindo o coração artificial total¹⁹. Desde então, os DAV têm sido utilizados nos Estados Unidos para diferentes propostas terapêuticas. O HeartMate XVE (Thoratec, Pleasanton, CA) foi aprovado como PT em 1994²⁰ após avaliação clínica multicêntrica, quando se demonstraram 65% de sobrevida com DAV como PT vs. 50% com o tratamento clínico²¹.

O estudo REMATCH (Randomized Evaluation of Mechanical Assistance in Treatment of Chronic Heart Failure) avaliou o benefício do DAV como TD em pacientes não candidatas a TX⁴. De 1998 a 2001, de 129 pacientes randomizados, 68 receberam DAV pulsátil e 61 foram mantidos em tratamento clínico. Houve redução na mortalidade em 48% dos pacientes que receberam o dispositivo. A sobrevida em um ano foi de 52% para o grupo DAV vs. 25% do grupo clínico, e em dois anos 23% para o grupo DAV vs. 8% do grupo clínico, $p = 0,009$. A diferença de sobrevida (408 dias grupo DAV e 150 grupo clínico) marcou a aprovação pelo FDA desse dispositivo como TD²². De 1.000 pacientes com IC, podem-se prevenir 270 mortes/ano, enquanto com o tratamento clínico previnem-se apenas 70^{23,24}. O estudo INTRePID (Investigation of Nontransplant-Eligible Patients Who Are Inotrope Dependent) trabalho randomizado prospectivo de 2000 a 2003 comparou a sobrevida de 55 pacientes com IC em uso de inotrópicos com os pacientes implantados com DAV (NOVACOR) pulsátil como TD. Pacientes com DAV apresentaram melhor sobrevida em seis meses (46% vs. 22%, $p = 0,03$) e em um ano (27% vs. 11%, $p = 0,02$)¹⁰. Esses resultados se somaram aos do estudo REMATCH demonstrando o benefício dos DAV como TD em pacientes com IC classe funcional avançada. Os autores concluíram que não seria ético uma randomização entre DAV e terapêutica clínica com inotrópicos, já que o benefício com os dispositivos era evidente. Stevenson e cols. analisaram 91 pacientes do REMATCH em uso de inotrópicos e demonstraram que o benefício dos DAV era realmente significativo. Esses autores relataram 60% de sobrevida do grupo DAV vs. 39% do grupo clínico em seis meses, e 49% do grupo DAV vs. 24% do grupo clínico em um ano, $p = 0,0014$ ²⁵.

A primeira geração de DAV foi desenvolvida com fluxo pulsátil através de propulsão pneumática. Essas máquinas apresentavam como inconveniente o barulho que produziam, o desconforto local devido ao seu grande tamanho e a problemas mecânicos frequentes¹⁶. A segunda geração foram os DAV de fluxo contínuo que impulsionam o sangue através de um pequeno *impeller* (sistema de alta rotação) que oferece um fluxo de 8 a 10 L/min²⁶. Com esse desenho as máquinas não requerem válvulas, por isso são mais leves e menores e, além disso, silenciosas²⁷. Os dispositivos de terceira geração utilizam um sistema de levitação magnética em que o *impeller* não tem contato mecânico para se mover. Teoricamente, esse sistema poderá ser mais duradouro com menor efeito mecânico sobre os componentes sanguíneos¹⁸. Fisiologicamente, após o implante do DAV há diminuição

das pressões de enchimento, aumento do débito cardíaco e aumento da perfusão periférica. Consequentemente, observa-se melhora da função do ventrículo direito e renal²⁸.

Há vários dispositivos disponíveis. Os mais utilizados são DeBakey VAD (MicroMed, Houston, TX), HeartMate II (Thoratec, Pleasanton, CA), DuraHeart (Terumo, Ann Arbor, MI), Incor (Berlin Heart) e o HeartWare (HeartWare, Framingham, MA). Mais de 4.000 dispositivos da primeira geração das bombas pulsáteis foram implantados²⁹. A miniaturização dos sistemas propiciou o implante intrapericárdico e a assistência biventricular³⁰.

Em 2007, Miller e cols.³¹ realizaram um estudo observacional das bombas centrífugas utilizadas como PT. Cento e trinta e três pacientes em 26 centros americanos participaram do estudo entre 2005 e 2006. Todos os pacientes estavam em uso de inotrópicos no momento do implante dos DAV e 41% dos pacientes utilizavam balão intra-aórtico. Os pacientes foram seguidos até o TX, recuperação ou sobrevida até três meses, que foi de 75%. Os resultados demonstraram segurança das bombas centrífugas e menor taxa de infecção comparada a relatos publicados com as bombas pulsáteis. Posteriormente, segue-se o trabalho de Pagani e cols. em 2009³² com 281 pacientes com DAV mantidos até 18 meses. A sobrevida foi de 72%. Óbitos ocorreram nos primeiros três meses do implante por acidente vascular cerebral, infecção e insuficiência de múltiplos órgãos.

Com um estudo conduzido em 38 centros americanos, Slaughter e cols.¹⁷, em 2009, compararam os DAV pulsáteis e contínuos como TD. Os dispositivos utilizados foram HeartMate XVE (pulsátil) e o HeartMate II (contínuo). Cento e trinta e quatro pacientes receberam DAV contínuo e 59, o pulsátil. A sobrevida em um e dois anos para o grupo contínuo foi de 68% e 58%, respectivamente; enquanto para o grupo pulsátil foi de 55% e 24%, $p = 0,008$ ¹⁷. Com o uso de DAV contínuo houve uma redução das re-hospitalizações na ordem de 38%. Os autores concluíram que com os DAV contínuos houve melhora da sobrevida e qualidade de vida em relação aos dispositivos pulsáteis que apresentaram maior índice de infecção e falência mecânica.

Resultados de estudos após a aprovação do DAV pelo FDA demonstram contínuo aumento da sobrevida e menores taxas de complicações. A sobrevida em um ano melhorou expressivamente de 68%³¹ atingindo patamares de 85% nos últimos relatos³³. Ganho de experiência com o manejo clínico e cirúrgico, seleção apropriada dos pacientes e contínuo treinamento da equipe técnica envolvida com o cuidado pré e pós-operatório contribuíram para a melhoria dos resultados^{34,35}.

Com o objetivo de organizar os dados gerados pelas instituições americanas que implantam os DAV criou-se, desde 2006, o INTERMACS, base de dados patrocinada pelo NHLBI³⁶. Dados gerados pelo INTERMACS proporcionaram melhoramentos técnicos e padronização do manejo clínico e cirúrgico¹⁶. A coleta de dados ocorre de forma prospectiva e obrigatória, o que permite análise detalhada de eventos relacionados, confiabilidade dos dispositivos aprovados pelo FDA, morbidade e mortalidade dos pacientes. O objetivo do registro é investigação, facilitação e melhoria da utilização

dos DAV como SCM no longo prazo em pacientes com IC avançada³⁷. Com o mesmo objetivo a Europa criou o EUROMAC (European registry for patients in mechanical circulatory support) e passou a tabular seus dados que devem ser futuramente publicados. Em relação ao primeiro registro INTERMACS havia 89 hospitais cadastrados até dezembro de 2007, com 511 pacientes incluídos³⁷. Quarenta e quatro por cento dos pacientes estavam em choque cardiogênico no momento do implante do DAV pulsátil, único aprovado pelo FDA naquele momento. A sobrevida em um ano foi de 67%. No segundo registro INTERMACS havia mais de mil pacientes operados³⁴. Esse relato demonstra a mudança do implante do DAV pulsátil para os de fluxo contínuo (52% dos casos)³⁴ aprovado em 2008 como PT. Observaram-se também indicações de implante dos dispositivos mais precoces. Entre 2006 e 2009, 1.420 pacientes de 88 instituições estavam cadastrados. A sobrevida em um ano foi 74% e em dois anos, 55%. O terceiro registro foi publicado em 2011 e mostra 2.868 pacientes com DAV, originados de 79 instituições. Nos primeiros seis meses de 2010, 98% dos DAV utilizados eram de fluxo contínuo com preponderância do suporte isolado do VE. A sobrevida em um e dois anos foi de 79% e 66%, respectivamente³⁶. Uma mudança na estratégia dos implantes é evidente nos últimos cinco anos, favorecendo o implante de DAV como TD³⁶. Em 2010, Lahpor e cols.³⁸ demonstraram os resultados com o implante de DAV Heartmate II na Europa. Sessenta e quatro centros participaram da pesquisa que demonstrou resultado semelhante aos centros americanos (sobrevida de 69% até o TX, recuperação ou suporte em seis meses).

Com os relatos de melhoria da sobrevida com os DAV contínuos a comunidade médica parece estar se movendo na expansão das indicações dos SCM em pacientes com IC grave. É fundamental a integração desses resultados na prática diária. Os pacientes e médicos precisam saber que essa tecnologia está disponível, é eficaz e segura¹⁴ além de proporcionar boa capacidade funcional e recuperação hemodinâmica³⁹.

Interação dos DAV em longo prazo

Após o implante dos DAV intracorpóreos os pacientes experimentam a maior parte do seu futuro tratamento em regime ambulatorial, frequentemente retornando ao trabalho e convívio familiar^{16,40}. Esses dados são relevantes, já que há no Brasil e no mundo pequeno número de órgãos disponíveis para o TX. Além disso, a taxa de aproveitamento de órgãos doados é pequena (20% no Brasil vs. 50% nos Estados Unidos)⁴¹ o que pode favorecer o aumento do implante dos DAV.

Os critérios para indicações do DAV foram baseados nos dados gerados pelo INTERMACS⁷. Indica-se o DAV como TD se o paciente apresenta CF IV da NYHA por pelo menos 90 dias e uma expectativa de vida menor que dois anos, não é candidato a TX, tem tratamento clínico otimizado, apresenta fração de ejeção menor que 25% e quadro clínico com limitada capacidade funcional³⁵. Sendo assim, recomenda-se que, na dependência de inotrópicos venosos – que se associa a alta mortalidade em curto prazo –, terapias como o DAV e o TX devem ser consideradas.

DAV recebe indicação classe IIa nível C para PT e classe IIb, nível C para TD da ESC (European Society of Cardiology)⁴² e classe IIa nível B para TD da ACC/AHA (American College of Cardiology/American Heart Association)⁴³. A II Diretriz Brasileira de IC Crônica indica o DAV no tratamento da IC estágio D em casos selecionados⁴⁴.

Complicações

Muitas complicações vêm sendo relatadas após a cirurgia para implante de DAV. As mais frequentes são insuficiência de múltiplos órgãos, eventos neurológicos, sangramento, sepses e insuficiência do Ventrículo Direito (VD). No longo prazo, eventos neurológicos embólicos ou hemorrágicos, sensibilização HLA, insuficiência renal, infecções, disfunção mecânica, sangramento gastrointestinal e alterações psicológicas podem dominar o cenário do cuidado clínico⁴⁵.

O sangramento é uma das complicações mais frequentes e limitadoras. No estudo conduzido por Miller e cols.³¹, o sangramento foi o evento adverso mais comum. 53% dos pacientes requereram pelo menos duas unidades de hemotransusão³¹. Há um somatório de fatores que contribuem para esse fato, como desordens da coagulação, disfunção hepática e o próprio vultu cirúrgico⁶. No segundo relato do INTERMACS essa complicação foi o segundo evento adverso mais frequente após infecção. A despeito disso, o sangramento foi causa primária de apenas 6,7% dos óbitos³⁴ o que traduz o bom controle clínico dos pacientes no pós-operatório.

Durante o SCM, a valva aórtica pode se abrir e fechar menos frequentemente ou pode se manter fechada. Durante o suporte circulatório ocorre uma condição subfisiológica dentro da cavidade do VE com possível desenvolvimento de insuficiência aórtica significativa nos anos subsequentes. O fluxo regurgitante produz um ciclo vicioso, que leva, como consequência, a um aumento do volume ejetado para a aorta pelo DAV e dilatação progressiva do VE, o que favorece o desenvolvimento de insuficiência mitral. Por esse motivo, algumas instituições recomendam a substituição valvar aórtica ou o fechamento valvar no momento do implante para evitar futuras complicações^{26,46}.

Recomenda-se o uso profilático com anticoagulantes e terapia antiagregante plaquetária no seguimento dos pacientes com DAV com o objetivo de evitar os eventos tromboembólicos que ocorrem entre 30% e 50% no pós-operatório. Esses eventos associam-se a graves sequelas e podem limitar o sucesso em longo prazo do DAV. Relata-se alta hiporesponsividade à aspirina comumente observada nesse grupo de pacientes, o que explica parcialmente a frequência dessas complicações⁴⁷.

O uso do DAV pode associar-se também a complicações neurológicas (acidente vascular cerebral, ataque isquêmico transitório, disfunções cognitivas), que são responsáveis por 34% de todos os óbitos em pacientes pós-DAV⁴⁸. Tempo de suporte, tipo de dispositivo, presença de infecção e idade são fatores de risco relacionados com complicações neurológicas. A aquisição de deficiência do fator de Von Willebrand ocorre não raramente em pacientes com Heartmate II e parece contribuir para episódios de sangramento espontâneo no

pós-operatório⁴⁹. O SCM com fluxo contínuo aumenta a pressão diastólica no capilar e na arteríola dos órgãos terminais principalmente cérebro, rins e trato gastrointestinal. Esse fato pode explicar o aparecimento de mal formações arteriovenosas causadoras de sangramentos no tubo digestivo^{22,48}.

Infecções graves e sepse estão entre as complicações mais comuns após implante de DAV com incidência de 18% a 59%^{50,51}. No estudo REMATCH⁴, a infecção foi causa de óbito em 16,2% dos pacientes. Há aumento dos custos hospitalares, maior morbidade e mortalidade⁵² embora relatos recentes não demonstrem essa associação^{53,54}. Apesar de haver falta de uniformidade nas definições de infecção nos pacientes com DAV, o consenso atual é de que essa complicação é um processo comum no cenário do tratamento com DAV e que *Staphylococcus* e *Pseudomonas*, *Enterococcus* e *Candida* são os agentes mais usuais⁵⁵. A tabela 1 demonstra a incidência de infecção e hemorragia após implante de DAV observada nos principais trabalhos.

Uma das infecções mais comuns relaciona-se com o cabo de transferência de energia para o funcionamento dos DAV. Esses cabos são trazidos ao exterior por via subcutânea e são fixados à pele. Habitualmente os processos infecciosos se estabelecem no pós-operatório imediato ou mediato e exigem tratamento agressivo e rápido⁵⁶. Procedimentos como uso de meticulosa técnica cirúrgica, desenho de próteses menores e com linhas de transmissão mais finas, o uso de DAV de fluxo contínuo e dispositivos totalmente implantáveis podem diminuir a incidência de infecções^{57,58}. Entretanto, a despeito desses cuidados, não raramente a infecção pode estender-se para a região onde o dispositivo está implantado (bolsa), sendo necessário o explante da prótese. Confiável transferência de energia transcutânea está em desenvolvimento, o que poderá diminuir significativamente a incidência de infecções⁵⁹.

A falência do VD não é infrequente após o implante de DAV. Estima-se que 20% a 35% dos pacientes candidatos a DAV esquerda apresentem falência também do VD no pós-operatório imediato. Com a falência do VD pode haver disfunção renal e hepática no pós-operatório, que se associa a alta mortalidade. No registro INTERMACS, entre os pacientes implantados para TD que requereram suporte também do VD, houve mortalidade de 50% em três meses. A avaliação da função do VD previamente ao implante de DAV é fundamental e pode evitar sérias complicações no pós-operatório.

A incapacidade do dispositivo em manter o SCM é definida como malfuncionamento. Muitas dessas complicações ou falhas podem ser ameaçadoras à vida. A substituição do dispositivo pode ser necessária em muitos casos. No estudo REMATCH, 11 (16%) dos 68 pacientes que receberam o DAV morreram por causa de falha no dispositivo⁶⁰.

A mortalidade cirúrgica continua sendo a maior preocupação da TD. O risco de óbito para TD é maior do que para PT nos diferentes trabalhos⁶¹. As principais causas de óbitos foram infecção com sepse, falência do VD e insuficiência de múltiplos órgãos⁴⁸. Análises do estudo pós-REMATCH revelaram que 75% dos óbitos durante o primeiro ano de SCM ocorreram antes da alta hospitalar⁶². Os benefícios do suporte em longo prazo são evidentes quando se observam 78% de sobrevida em um ano nos pacientes que receberam alta hospitalar⁶².

Qualidade de vida

O racional é que a terapia com o DAV proporcione uma melhora na qualidade de vida dos pacientes com IC terminal. Qualidade de vida deve ser avaliada em diferentes

Tabela 1 – Incidência de infecção e sangramento no pós-operatório do implante dos DAV

Autor	Ano	Pacientes	Dispositivo	Proposta	Incidência/prevalência - E/py*	Sangramento - E/py*
Miller ³¹	2007	133	HMII †	PT‡	Sepse – 0,62 Driveline – 0,37	0,78
REMATCH Rose ⁴	2001	67	HM XVE	TD§	Sepse – 0,60 Driveline – 0,39	0,56
REMATCH Rose ⁴	2001	67	HM XVE	TD	Sepse – 0,60 Driveline – 0,39	0,56
Starling ³³	2011	169	HM II	PT	Sepse – 0,02 Driveline – 0,32	1,44
Strueber ⁶	2011	50	HeartWare	PT	Sepse – 0,10 Driveline – 0,20	0,23
Slaughter ¹⁷	2009	200	HM II	TD	Sepse – 0,39 Inf/relacionada – 0,48	0,23
			HM XVE		Sepse – 1,11 Driveline – 0,90	0,29

DAV - Dispositivos de assistência ventricular; *E/Py – taxa de evento por paciente ano; † - Heartmate II; ‡ - PT – ponte para Transplante; § - TD - terapia de destino; HM II - HeartMate II; M XVE- Heart Mate XVE.

aspectos, tais como físico, psicológico, social e bem-estar geral. Os trabalhos demonstram melhora da qualidade de vida dos pacientes que receberam os dispositivos quando comparados com os pacientes mantidos em terapia clínica. Entretanto, os pacientes com DAV têm limitações físicas e sociais que alteram o bem-estar geral. O potencial de complicações relacionado com os dispositivos obriga os pacientes a manterem controle médico rigoroso, sempre próximos às instituições responsáveis pela operação. Até o momento, os familiares ou os cuidadores de pacientes pós-DAV não foram estudados a respeito de possíveis distúrbios psicológicos, ansiedade ou depressão no cuidado desses pacientes⁴⁸. Embora as readmissões sejam frequentes após o implante dos DAV e as complicações ameaçadoras à vida, os pacientes apresentam uma boa qualidade de vida e estão fora do ambiente hospitalar na maior parte do tempo, sem limitações do ponto de vista de sintomas da IC⁴⁰.

Custos da tecnologia

O TX é o tratamento mais efetivo para IC crônica. Seus custos são aceitáveis dado o pequeno número desses procedimentos que são realizados no mundo. Entretanto, seu impacto epidemiológico ainda é limitado. Em média são realizados no mundo por volta de 3 mil TX anualmente⁶³. Os DAV têm se tornado mais populares na Europa e nos Estados Unidos, por seus bons resultados e diminuição das complicações com as máquinas de fluxo contínuo. Entretanto, os custos dessa tecnologia ainda são elevados. Digjorgi e cols.⁶³ demonstraram que o tempo de internação após o implante do DAV (36,8 dias) é maior do que os pacientes submetidos a TX (18,2 dias)⁶³. Os custos hospitalares para o implante de DAV foram de 197.957 dólares vs. 151.646 dólares nos pacientes submetidos a TX. Os custos estão relacionados com o período de internação prévio ao implante dos DAV (21,3 dias) vs. (1,6 dias) para o TX.

Questões relacionadas a custos-benefícios quando se analisam os idosos e a TD ainda não são claras. Em 2003, o Medicare americano expandiu o pagamento e incluiu os DAV como TD. Hernandez e cols.⁶⁴ em 2008 analisaram pacientes que receberam o tratamento com DAV entre 2000 e 2006 examinando o desfecho em curto e longo prazos, incluindo óbito, re-hospitalizações e custos intra-hospitalares (335 hospitalares analisados). Cinquenta e cinco vírgula seis por centos dos pacientes foram readmitidos em um período de seis meses após a operação. Em relação ao pagamento, no primeiro ano o Medicare desembolsou, para pacientes hospitalizados, 178.714 dólares, custos semelhantes a um transplante de fígado. A utilização do DAV é uma terapia de alto custo e espera-se alta taxa de readmissão hospitalar principalmente nos primeiros seis meses após o implante. O NHLBI estabeleceu em 2004 um objetivo de 50% de sobrevida em dois anos e o mínimo tempo de internação como pré-requisito para um aumento substancial do implante de DAV como TD⁶⁵. Hernandez e cols.⁶⁴ observaram sobrevida de 65% em dois anos nos pacientes que receberam alta hospitalar, o que mobilizou o NHLBI a recomendar estudo randomizado para comparar DAV precoce e tratamento clínico⁶⁴. Em 2011, o estudo prospectivo e randomizado (REVIVE-IT) começa a registrar pacientes DAV em classe funcional III vs. tratamento clínico^{35,66}.

Durante o tratamento clínico da IC nos Estados Unidos, o Medicare paga 6.000 dólares por internação mesmo que o paciente volte ao regime hospitalar no prazo de 30

dias, fato que ocorre em 25% dos casos⁶⁷. Setenta e cinco por centos gastos do Medicare no cuidado da IC é para pacientes hospitalizados⁶⁸.

DAV no mundo

Dos 5,3 milhões de pacientes com IC, aproximadamente 150 mil são potenciais candidatos a SCM⁶⁹. Devido à gravidade da condição clínica desses pacientes e à dificuldade do seu tratamento, há na literatura uma documentação limitada de estudos clínicos randomizados. Talvez por isso, em 2009, menos de 3 mil pacientes se beneficiaram desse tratamento no mundo a despeito da queda dos custos e da melhoria dos resultados em curto prazo⁷⁰.

Sendo assim, para atingir o objetivo de tratar maior número de pacientes além da melhora dos resultados em longo prazo, deve-se expandir o acesso dos pacientes ao tratamento com o DAV. Observa-se que, a despeito do impactante resultado demonstrado pelos seguidos trabalhos já publicados, os pacientes continuam sendo referidos tardiamente ou não são referidos³⁹.

No continente europeu, o movimento da utilização do DAV tem um caminho diferente. Nota-se um aumento progressivo e rápido na utilização do SCM para tratamento da IC aguda e crônica, suplantando recentemente o número de TX. Nos Estados Unidos há subutilização dos DAV; entretanto, observa-se o aumento progressivo do número de implantes³⁵. Hoje, a porcentagem de pacientes que são transplantados com DAV é de 40% nacionalmente⁷¹. Segundo Miller e cols., clínicos e cardiologistas devem ser estimulados a referir pacientes com IC em estágios menos avançados para avaliação para DAV ou TX³⁵.

DAV no Brasil

O início da utilização do SCM no Brasil ocorreu com o DAV-InCor, que teve seu desenvolvimento no começo da década de 1990. Esse protótipo é um dispositivo de assistência ventricular de acionamento pneumático, com membrana livre, superfície interna lisa, válvulas de pericárdio bovino e de instalação paracorpórea. A sua primeira aplicação clínica ocorreu em 1993, em um paciente que apresentou choque cardiogênico refratário a terapia medicamentosa⁷². Após quatro dias de assistência mecânica, o paciente foi submetido a TX e recebeu alta hospitalar em boas condições⁷³. Esse foi um marco pioneiro no Brasil e na América Latina. Após o sucesso desse primeiro implante os autores concluíram que se abria o caminho para uso mais frequente dessa tecnologia, oferecendo uma nova oportunidade para pacientes em espera de TX, quando a ponte farmacológica não é mais efetiva.

Em 2007, Moreira e cols. implantaram DAV paracorpóreo em seis pacientes chagásicos e demonstraram pela primeira vez que essa tecnologia poderia ser utilizada com segurança nesses pacientes, a despeito da disfunção do ventrículo direito e das arritmias que apresentavam⁷⁴.

O primeiro dispositivo intracorpóreo (Heartmate XVE) foi implantado no Brasil em 1999 na cidade de Porto Alegre. Recentemente observa-se por várias publicações que os dispositivos intracorpóreos nacionais estão sendo pesquisados em projetos que envolvem a criação de circuito suspenso em campo magnético produzindo uma bomba eficaz e com baixa possibilidade de falha mecânica⁷⁵.

O número de implantes de dispositivos no Brasil tem ocorrido de forma esporádica e pontual. Os programas de desenvolvimento de protótipos não se traduziram até o momento em implantes clínicos rotineiros. Apesar do número de pesquisas realizadas em instituições nacionais, nenhum DAV brasileiro é oferecido aos pacientes em fase avançada de IC⁷⁶. O manejo de pacientes com IC crônica e irreversível continua sendo feito na grande maioria das vezes apenas com o auxílio de agentes venosos e como última opção o TX²². Ainda não há no Brasil disponibilidade de DAV contínuos intracorpóreos. A experiência brasileira com o SCM para uso clínico ainda se limita a poucos casos publicados^{77,78}. Os motivos para esse fato são diversos, mas certamente a explicação apoia-se no elevado custo da tecnologia e na falta de financiamento pelo sistema público de saúde brasileiro, que não oferece o tratamento para a população. Deve-se destacar que vários pesquisadores brasileiros vêm trabalhando no desenvolvimento de dispositivos nacionais há vários anos⁷⁹ com o objetivo de oferecer à população um ventrículo artificial com menor custo proporcionando maior acesso da população a essa modalidade terapêutica. Como consequência desse trabalho, novos materiais e novas formas de propensão sanguínea foram desenvolvidas e estão em franco aperfeiçoamento^{75,80}.

A despeito da clara vantagem na qualidade de vida e do prolongamento da sobrevivência de pacientes com IC crônica, discussões a respeito do impacto econômico que a utilização dos DAV geraria no sistema de saúde brasileiro deverão ser feitas o mais brevemente possível. Faltam dados na literatura que

possam definir precisamente custo-efetividade do tratamento dos pacientes com IC utilizando DAV como PT ou como TD⁷⁰. Muitos pacientes com quadros graves de IC ainda não são referidos pelos clínicos ou cardiologistas para esse tratamento ou por falta de informação ou por hesitação relacionada à eficácia dos DAV. Com boa seleção dos pacientes e aumento da experiência no manejo dos implantes dos dispositivos, os custos do cuidado dos pacientes diminuirão e permitirão que os médicos brasileiros possam oferecer essa tecnologia inovadora e de comprovada eficácia. Essa é uma discussão que deverá ocorrer com a sociedade brasileira e não apenas com a comunidade médica. Certamente, como demonstrado por diversos trabalhos na literatura médica, temos razões suficientes para incorporarmos essa tecnologia no Brasil com vistas a oferecer aos pacientes mais uma possibilidade de tratamento mesmo que seja como PT.

Potencial Conflito de Interesses

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

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

Referências

1. Thompson KA, Philip KJ, Barbagelata A, Schwarz ER. Review article: the new concept of interventional heart failure therapy--part 1: electrical therapy, treatment of CAD, fluid removal, and ventricular support. *J Cardiovasc Pharmacol Ther.* 2010;15(2):102-11.
2. Miller LW, Missov ED. Epidemiology of heart failure. *Cardiol Clin.* 2001;19(4):547-55.
3. Park SJ, Tector A, Piccioni W, Raines E, Gelijns A, Moskowitz A, et al. Left ventricular assist devices as destination therapy: a new look at survival. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2005;129(1):9-17.
4. Rose EA, Gelijns AC, Moskowitz AJ, Heitjan DF, Stevenson LW, Dembitsky W, et al. Long-term use of a left ventricular assist device for end-stage heart failure. *N Engl J Med.* 2001;345(20):1435-43.
5. Hershberger RE, Nauman D, Walker TL, Dutton D, Burgess D. Care processes and clinical outcomes of continuous outpatient support with inotropes (COSI) in patients with refractory end-stage heart failure. *J Card Fail.* 2003;9(3):180-7.
6. Strueber M, O'Driscoll G, Jansz P, Khaghani A, Levy WC, Wieselthaler GM; HeartWare Investigators. Multicenter evaluation of an intrapericardial left ventricular assist system. *J Am Coll Cardiol.* 2011;57(12):1375-82.
7. Owan TE, Hodge DO, Herges RM, Jacobsen SJ, Roger VL, Redfield MM. Trends in prevalence and outcome of heart failure with preserved ejection fraction. *N Engl J Med.* 2006;355(3):251-9.
8. Itchhaporia D. Heart failure readmission rates. *Rev Cardiovasc Med.* 2011;12(1):40-1.
9. Roger VL, Go AS, Lloyd-Jones DM, Adams RJ, Berry JD, Brown TM, et al. Heart disease and stroke statistics--2011 update: a report from the American Heart Association. *Circulation.* 2011;123(4):e18-e209.
10. Rogers JG, Butler J, Lansman SL, Gass A, Portner PM, Pasque MK, et al. Chronic mechanical circulatory support for inotrope-dependent heart failure patients who are not transplant candidates: results of the INTREPID Trial. *J Am Coll Cardiol.* 2007;50(8):741-7.
11. Mancini D, Burkoff D. Mechanical device-based methods of managing and treating heart failure. *Circulation.* 2005;112(3):438-48.
12. Abu-Omar Y, Tsui SS. Mechanical circulatory support for AMI and cardiogenic shock. *J Card Surg.* 2010;25(4):434-41.
13. Jaski BE, Lingle RJ, Kim J, Branch KR, Goldsmith R, Johnson MR, et al. Comparison of functional capacity in patients with end-stage heart failure following implantation of a left ventricular assist device versus heart transplantation: results of the experience with left ventricular assist device with exercise trial. *J Heart Lung Transplant.* 1999;18(11):1031-40.
14. Fang JC. Rise of the machines--left ventricular assist devices as permanent therapy for advanced heart failure. *N Engl J Med.* 2009;361(23):2282-5.
15. Guan Y, Karkhanis T, Wang S, Rider A, Koenig SC, Slaughter MS, et al. Physiologic benefits of pulsatile perfusion during mechanical circulatory support for the treatment of acute and chronic heart failure in adults. *Artif Organs.* 2010;34(7):529-36.
16. Potapov EV, Krabatsch T, Ventura HO, Hetzer R. Advances in mechanical circulatory support: year in review. *J Heart Lung Transplant.* 2011;30(5):487-93.
17. Slaughter MS, Rogers JG, Milano CA, Russell SD, Conte JV, Feldman D, et al. Advanced heart failure treated with continuous-flow left ventricular assist device. *N Engl J Med.* 2009;361(23):2241-51.
18. Kozik DJ, Plunkett MD. Mechanical circulatory support. *Organogenesis.* 2011;7(1):50-63.

19. Nose Y. Current status of the artificial heart program. *Adv Biomed Eng Med Phys.* 1970;3:3-4.
20. Goldstein DJ, Oz MC, Rose EA. Implantable left ventricular assist devices. *N Engl J Med.* 1998;339(21):1522-33.
21. Frazier OH, Rose EA, Macmanus Q, Burton NA, Lefrak EA, Poirier VL, et al. Multicenter clinical evaluation of the HeartMate 1000 IP left ventricular assist device. *Ann Thorac Surg.* 1992;53(6):1080-90.
22. Boilson BA, Raichlin E, Park SJ, Kushwaha SS. Device therapy and cardiac transplantation for end-stage heart failure. *Curr Probl Cardiol.* 2010;35(1):8-64.
23. Packer M, Fowler MB, Roecker EB, Coats AJ, Katus HA, Krum H, et al. Effect of carvedilol on the morbidity of patients with severe chronic heart failure: results of the carvedilol prospective randomized cumulative survival (COPERNICUS) study. *Circulation.* 2002;106(17):2194-9.
24. Kjekshus J, Swedberg K, Snapinn S. Effects of enalapril on long-term mortality in severe congestive heart failure. CONSENSUS Trial Group. *Am J Cardiol.* 1992;69(1):103-7.
25. Stevenson LW, Miller LW, Desvigne-Nickens P, Ascheim DD, Parides MK, Renlund DG, et al. Left ventricular assist device as destination for patients undergoing intravenous inotropic therapy: a subset analysis from REMATCH (Randomized Evaluation of Mechanical Assistance in Treatment of Chronic Heart Failure). *Circulation.* 2004;110(8):975-81.
26. Topilsky Y, Maltais S, Oh JK, Atchison FW, Perrault LP, Carrier M, et al. Focused review on transthoracic echocardiographic assessment of patients with continuous axial left ventricular assist devices. *Cardiol Res Pract.* 2011;187434.
27. Letsou GV, Myers TJ, Gregoric ID, Delgado R, Shah N, Robertson K, et al. Continuous axial-flow left ventricular assist device (Jarvik 2000) maintains kidney and liver perfusion for up to 6 months. *Ann Thorac Surg.* 2003;76(4):1167-70.
28. Sayer G, Naka Y, Jorde UP. Ventricular assist device therapy. *Cardiovasc Ther.* 2009;27(2):140-50.
29. Aggarwal S, Pagani FD. Bridge to transplantation: current outcomes. *J Card Surg.* 2010;25(4):455-61.
30. Hetzer R, Krabatsch T, Stepanenko A, Hennig E, Potapov E. Long-term biventricular support with the heartware implantable continuous flow pump. *J Heart Lung Transplant.* 2010;29(7):822-4.
31. Miller LW, Pagani FD, Russell SD, John R, Boyle AJ, Aaronson KD, et al. Use of a continuous-flow device in patients awaiting heart transplantation. *N Engl J Med.* 2007;357(9):885-96.
32. Pagani FD, Miller LW, Russell SD, Aaronson KD, John R, Boyle AJ, et al. Extended mechanical circulatory support with a continuous-flow rotary left ventricular assist device. *J Am Coll Cardiol.* 2009; 54(4):312-21.
33. Starling RC, Naka Y, Boyle AJ, Gonzalez-Stawinski G, John R, Jorde U, et al. Results of the post-U.S. Food and Drug Administration-approval study with a continuous flow left ventricular assist device as a bridge to heart transplantation: a prospective study using the INTERMACS (Interagency Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support). *J Am Coll Cardiol.* 2011;57(19):1890-8.
34. Kirklin JK, Naftel DC, Kormos RL, Stevenson LW, Pagani FD, Miller MA, et al. Second INTERMACS annual report: more than 1,000 primary left ventricular assist device implants. *J Heart Lung Transplant.* 2010;29(1):1-10.
35. Miller LW. Left ventricular assist devices are underutilized. *Circulation.* 2011;123(14):1552-8.
36. Kirklin JK, Naftel DC, Kormos RL, Stevenson LW, Pagani FD, Miller MA, et al. Third INTERMACS Annual Report: the evolution of destination therapy in the United States. *J Heart Lung Transplant.* 2011;30(2):115-23.
37. Kirklin JK, Naftel DC, Stevenson LW, Kormos RL, Pagani FD, Miller MA, et al. INTERMACS database for durable devices for circulatory support: first annual report. *J Heart Lung Transplant.* 2008;27(10):1065-72.
38. Lahpor J, Khaghani A, Hetzer R, Pavie A, Friedrich I, Sander K, et al. European results with a continuous-flow ventricular assist device for advanced heart-failure patients. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2010;37(2):357-61.
39. Pruijsten RV, de Jonge N, Kirkels JH, Klöpping C, Doevendans PA, Oosterom A, et al. Left ventricular assist device: a functional comparison with heart transplantation. *Neth Heart J.* 2008;16(2):41-6.
40. Allen JG, Weiss ES, Schaffer JM, Patel ND, Ullrich SL, Russell SD, et al. Quality of life and functional status in patients surviving 12 months after left ventricular assist device implantation. *J Heart Lung Transplant.* 2010;29(3):278-85.
41. Marinho A. [A study on organ transplantation waiting lines in Brazil's Unified National Health System]. *Cad Saude Publica.* 2006;22(10):2229-39.
42. Dickstein K, Cohen-Solal A, Filippatos G, McMurray JJ, Ponikowski P, Poole-Silson PA, et al. ESC guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2008: the Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2008 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association of the ESC (HFA) and endorsed by the European Society of Intensive Care Medicine (ESICM). *Eur J Heart Fail.* 2008;10(10):933-89.
43. Hunt SA, Abraham WT, Chin MH, Feldman AM, Francis GS, Ganiats TG, et al. 2009 Focused update incorporated into the ACC/AHA 2005 Guidelines for the Diagnosis and Management of Heart Failure in Adults A Report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines Developed in Collaboration With the International Society for Heart and Lung Transplantation. *J Am Coll Cardiol.* 2009;53(15):e1-e90.
44. Bocchi EA, Marcondes-Braga FG, Ayub-Ferreira SM, Rohde LE, Oliveira WA, Almeida DR, et al.; Sociedade Brasileira de Cardiologia. III Diretriz brasileira de insuficiência cardíaca crônica. *Arq Bras Cardiol.* 2009;93(1 supl. 1):1-71.
45. Lund LH, Matthews J, Aaronson K. Patient selection for left ventricular assist devices. *Eur J Heart Fail.* 2010;12(5):434-43.
46. Park SJ, Liao KK, Seguro R, Madhu KP, Miller LW. Management of aortic insufficiency in patients with left ventricular assist devices: a simple coaptation stitch method (Park's stitch). *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2004;127(1):264-6.
47. Tsukui H, Abba A, Teuteberg JJ, McNamara DM, Mathier MA, Cardaret LM, et al. Cerebrovascular accidents in patients with a ventricular assist device. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2007;134(1):114-23.
48. Rizzieri AC, Verheijde JL, Rady MY, McGregor JL. Ethical challenges with the left ventricular assist device as a destination therapy. *Philos Ethics Humanit Med.* 2008;3:20.
49. Meyer AL, Malehsa D, Bara C, Budde U, Slaughter MS, Haverich A, et al. Acquired von Willebrand syndrome in patients with an axial flow left ventricular assist device. *Circ Heart Fail.* 2010;3(6):675-81.
50. Gordon RJ, Quagliarello B, Lowy FD. Ventricular assist device-related infections. *Lancet Infect Dis.* 2006;6(7):426-37.
51. Awad H, Abd El Dayem M, Heard J, Dimitriva G, Yu L, Sun BC. Initial experience with off-pump left ventricular assist device implantation in single center: retrospective analysis. *J Cardiothorac Surg.* 2010;5:123.
52. McCarthy PM, Schmitt SK, Vargo RL, Gordon S, Keys TF, Hobbs RE. Implantable LVAD infections: implications for permanent use of the device. *Ann Thorac Surg.* 1996;61(1):359-65; discussion 372-3.
53. Genovese EA, Dew MA, Teuteberg JJ, Simon MA, Bhama JK, Bermudez CA, et al. Early adverse events as predictors of 1-year mortality during mechanical circulatory support. *J Heart Lung Transplant.* 2010;29(9):981-8.
54. Topkara VK, Kondareddy S, Malik F, Wang IW, Mann DL, Ewald GA, et al. Infectious complications in patients with left ventricular assist device: etiology and outcomes in the continuous-flow era. *Ann Thorac Surg.* 2010;90(4):1270-7.
55. Holman WL, Rayburn BK, McGiffin DC, Foley BA, Benza RL, Bourge RC. Infection in ventricular assist devices: prevention and treatment. *Ann Thorac Surg.* 2003;75(6 Suppl):S48-57.

56. Holman WL, Pamboukian SV, McGiffin DC, Tallaj JA, Cadeiras M, Kirklín JK. Device related infections: are we making progress? *J Card Surg.* 2010;25(4):478-83.
57. Chinn R, Dembitsky W, Eaton L, Chillcott S, Stahovich M, Rasmusson B, et al. Multicenter experience: prevention and management of left ventricular assist device infections. *ASAIO J.* 2005;51(4):461-70.
58. Pae WE, Connell JM, Adelowo A, Boehmer JP, Korfer R, El-Banayosy A, et al. Does total implantability reduce infection with the use of a left ventricular assist device? The LionHeart experience in Europe. *J Heart Lung Transplant.* 2007;26(3):219-29.
59. Slaughter MS, Myers TJ. Percutaneous energy transmission for mechanical circulatory support systems: history, current status, and future prospects. *J Card Surg.* 2010;25(4):484-9.
60. Dembitsky WP, Tector AJ, Park S, Moskowitz AJ, Celijns AC, Ronan NS, et al. Left ventricular assist device performance with long-term circulatory support: lessons from the REMATCH trial. *Ann Thorac Surg.* 2004;78(6):2123-9; discussion 2129-30.
61. Lietz K. Destination therapy: patient selection and current outcomes. *J Card Surg.* 2010;25(4):462-71.
62. Lietz K, Long JW, Kfoury AG, Slaughter MS, Silver MA, Milano CA, et al. Outcomes of left ventricular assist device implantation as destination therapy in the post-REMATCH era: implications for patient selection. *Circulation.* 2007;116(5):497-505.
63. Digiorgi PL, Reel MS, Thornton B, Burton E, Naka Y, Oz MC. Heart transplant and left ventricular assist device costs. *J Heart Lung Transplant.* 2005;24(2):200-4.
64. Hernandez AF, Shea AM, Milano CA, Rogers JC, Hammill BG, O'Connor CM, et al. Long-term outcomes and costs of ventricular assist devices among Medicare beneficiaries. *JAMA.* 2008;300(20):2398-406.
65. National Heart Lung and Blood Institute. NHLBI Working Group. Next generation ventricular assist devices for destination therapy. Stanford; 2005.
66. Baldwin JT, Mann DL. NHLBI's program for VAD therapy for moderately advanced heart failure: the REVIVE-IT pilot trial. *J Card Fail.* 2010;16(11):855-8.
67. Bogaev RC. Cost considerations in the treatment of heart failure. *Tex Heart Inst J.* 2010;37(5):557-8.
68. Lloyd-Jones D, Adams RJ, Brown TM, Carnethon M, Dai S, De Simone G, et al. Heart disease and stroke statistics--2010 update: a report from the American Heart Association. *Circulation.* 2010;121(7):e46-e215.
69. Ammar KA, Jacobsen SJ, Mahoney DW, Kors JA, Redfield MM, Burnett JC Jr, et al. Prevalence and prognostic significance of heart failure stages: application of the American College of Cardiology/American Heart Association heart failure staging criteria in the community. *Circulation.* 2007;115(12):1563-70.
70. Hutchinson J, Scott DA, Clegg AJ, Loveman E, Royle P, Bryant J, et al. Cost-effectiveness of left ventricular-assist devices in end-stage heart failure. *Expert Rev Cardiovasc Ther.* 2008;6(2):175-85.
71. Lietz K, Miller LW. Will left-ventricular assist device therapy replace heart transplantation in the foreseeable future? *Curr Opin Cardiol.* 2005; 20(2):132-7.
72. Bocchi EA, Vieira ML, Fiorelli A, Hayashida S, Mayzato M, Leirner A, et al. [Hemodynamic and neurohormonal profile during assisted circulation with heterotopic artificial ventricle followed by heart transplantation]. *Arq Bras Cardiol.* 1994;62(1):23-7.
73. Oshiro MS, Hayashida SA, Maizato MJ, Marques EF, Stolf NA, Jatene AD, et al. Design, manufacturing, and testing of a paracorporeal pulsatile ventricular assist device: Sao Paulo Heart Institute VAD. *Artif Organs.* 1995;19(3):274-9.
74. Moreira LF, Galantier J, Benicio A, Leirner AA, Cestari IA, Stolf NA. Left ventricular circulatory support as bridge to heart transplantation in Chagas' disease cardiomyopathy. *Artif Organs.* 2007;31(4):253-8.
75. da Silva I, Horikawa O, Cardoso JR, Camargo FA, Andrade AJ, Bock EG. Single axis controlled hybrid magnetic bearing for left ventricular assist device: hybrid core and closed magnetic circuit. *Artif Organs.* 2011; 35(5):448-53.
76. Moreira LF, Benicio A. Mechanical circulatory support: a great gap in Brazilian cardiac surgery. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2010;25(4):X-XII.
77. Colafranceschi AS, Monteiro AJ, Barbosa RM, Côrtes DC, Correa CM, Canale LS, et al. Use of mechanical circulatory support in cases of end-stage acute heart failure. *Arq Bras Cardiol.* 2007;89(5):311-4, 343-5.
78. Galantier J, Moreira LF, Benicio A, Leirner AA, Cestari I, Bocchi EA, et al. Hemodynamic performance and inflammatory response during the use of VAD-InCor as a bridge to transplant. *Arq Bras Cardiol.* 2008;91(5):327-34.
79. da Costa Teixeira PB, Goncalves PB, Cestari IA, Leirner AA, Pamplona D. Mechanical behavior and stability of the internal membrane of the InCor ventricular assist device. *Artif Organs.* 2001;25(11):912-21.
80. Horikawa O, de Andrade AJ, da Silva I, Bock EG. Magnetic suspension of the rotor of a ventricular assist device of mixed flow type. *Artif Organs.* 2008;32(4):334-41.