

SOPORTE CIRCULATORIO MECÁNICO CON BOMBA CENTRÍFUGA

MECHANICAL CIRCULATORY SUPPORT WITH CENTRIFUGAL PUMP

ALEJANDRO M. BERTOLOTTI¹

RESUMEN

La insuficiencia cardíaca avanzada es una entidad compleja con prevalencia en aumento. Su abordaje incluye la combinación de estrategias farmacológicas, quirúrgicas y, cuando se agotan las opciones terapéuticas, terapias de destino o reemplazo, siendo estas últimas principalmente los dispositivos de asistencia circulatoria mecánica y el trasplante cardíaco. Las bombas centrífugas se destacan en nuestro medio como una alternativa de asistencia a corto/mediano plazo como puente a la decisión, a la recuperación o al trasplante cardíaco, permitiendo un soporte uni- o biventricular a estos pacientes críticos.

Palabras clave: corazón auxiliar, shock cardiogénico, cuidados críticos.

ABSTRACT

Advanced heart failure is a complex entity with an increasing prevalence. Its approach includes the combination of pharmacological, surgical strategies and, when the therapeutic options are exhausted, target or replacement therapies, the latter being mainly mechanical circulatory assistance devices and cardiac transplantation. Centrifugal pumps stand out in our area as an alternative of short/medium term assistance as a bridge to decision, recovery or heart transplantation, allowing uni or biventricular support to these critical patients.

Keywords: heart-assist devices, cardiogenic shock, critical care.

REVISTA CONAREC 2018;33(147):279-282 | DOI:10.32407/RCON/2018147/0279-0282

INTRODUCCIÓN

La insuficiencia cardíaca avanzada es una entidad compleja con prevalencia en aumento. Su abordaje incluye la combinación de estrategias farmacológicas, quirúrgicas y, cuando se agotan las opciones terapéuticas, terapias de destino o reemplazo, siendo estas últimas principalmente los dispositivos de asistencia circulatoria mecánica (ACM) y el trasplante cardíaco¹.

Los dispositivos de ACM pueden clasificarse de distintas maneras tomando en cuenta diversas características como la durabilidad, el flujo y su ubicación anatómica, entre otros². En los pacientes con *shock* cardiogénico refractario al tratamiento médico, se prefieren los dispositivos de corto-mediano plazo para la rápida estabilización del paciente, como puente a una recuperación, a un dispositivo de largo plazo como terapia de destino o al trasplante cardíaco. En este grupo, se destacan en nuestro medio las bombas centrífugas (BC) de flujo continuo.

DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

Las bombas centrífugas son dispositivos de uso temporario de corto plazo, para asistencia circulatoria mecánica en pacientes con un cuadro de *shock* cardiogénico severo refractario a otras terapias. Su im-

plante requiere un procedimiento quirúrgico y permite asistir independientemente las funciones ventriculares izquierda, derecha o ambas (soporte uni- o biventricular). La interposición de una membrana oxigenadora extracorpórea permite la conversión a sistema de soporte vital con oxigenación sanguínea (ECMO).

Las BC proveen flujo de tipo radial y continuo, no pulsátil, mediante la generación de un diferencial de presión entre el sitio de ingreso y egreso de la sangre a la carcasa de la bomba, gracias a la rotación a altas velocidades del propulsor central.

Estos dispositivos requieren del uso de anticoagulación y/o antiagregación permanente, ya que el contacto de la sangre con elementos no biológicos (cánulas, tubuladuras, carcasa y propulsor) y las turbulencias que se generan en la circulación de la misma favorecen los fenómenos trombóticos por activación de la cascada de coagulación.

SISTEMAS DISPONIBLES

El sistema de soporte circulatorio agudo CentriMag™, se caracteriza por incorporar la tecnología de flujo Full-MagLev™ mediante levitación magnética del propulsor permitiendo una mejor performance hemodinámica al evitar puntos de contacto entre la carcasa y el propulsor (**Figura 1**). Esta característica de funcionamiento disminuye notablemente las fuerzas de corte y fricción que favorecen la hemólisis y evita zonas de mayor turbulencia y estasis sanguíneas que generan mayor probabilidad de formación de trombos^{3,4}. Este dispositivo cuenta con dos modelos de cabezal centrífugo, uno para niños hasta 10 kg de peso (PediVAS CentriMag™) y otro para pacientes con mayor superficie corporal, que permite generar flujos de hasta 9,9 litros/min. Su utilización ha sido aprobada por un período de hasta 30 días, aunque existen reportes de su utilización por más de 90 días sin necesidad de cambios del dispositivo por complicaciones mayores o fallas de funcionamiento⁵. Esta tecnología ha sido utilizada en Argentina

1. Jefe del Servicio de Trasplante Intratorácico e Insuficiencia Cardíaca. Hospital Universitario Fundación Favaloro, CABA.

✉ **Correspondencia:** Dr. Alejandro Mario Bertolotti. Av. Belgrano 1746 C1093AAS CABA, Rep. Argentina. bertolotti.alejandro66@gmail.com

Los autores declaran no poseer conflictos de intereses.

Recibido: 01/11/2018 | Aceptado: 10/11/2018

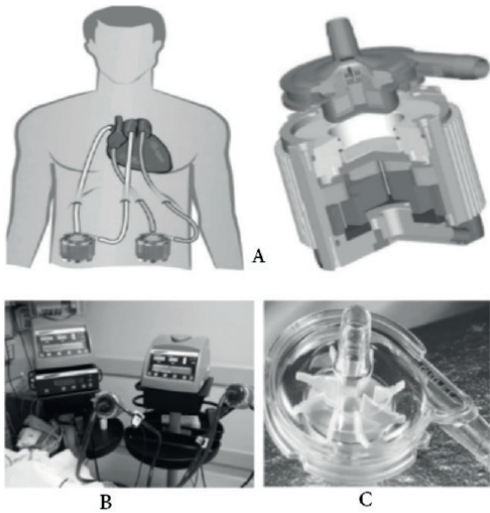


Figura 1. A. Dispositivo de asistencia biventricular y bomba con rotor. B. Consola con dos rotores electromagnéticos para asistencia biventricular. C. Bomba centrífuga. Modificado de Bertolotti AM et al. Experiencia con bomba centrífuga magnética en pacientes con shock cardiogénico (INTERMACS 1). *Rev Argen Cardiol* 2014;82(3):205-10.

desde el año 2007⁶ y cuenta para su uso con aprobación mediante resolución de ANMAT⁷.

Existen otros dispositivos de BC para soporte circulatorio mecánico agudo disponibles en el país, como la bomba RotaFlow™ (Maquet, Getinge Group, US) y el sistema Revolution™ (LivaNova PLC, UK). Estas BC, con características similares de funcionamiento y soporte hemodinámico, no utilizan la tecnología de levitación magnética.

TÉCNICA QUIRÚRGICA DE IMPLANTE

El implante de las BC para soporte ventricular derecho, izquierdo o biventricular requiere de un procedimiento quirúrgico cardiovascular central, mediante esternotomía mediana y utilización de circulación extracorpórea (CEC) para permitir las maniobras necesarias de canulación sin generar mayor compromiso hemodinámico en pacientes con *shock* cardiogénico.

Los sitios de colocación de las cánulas de egreso e ingreso varían según el tipo de soporte a implementar.

Para asistencia ventricular izquierda (AVI), la cánula de drenaje (o de ingreso al dispositivo) puede ser colocada directamente en la aurícula izquierda o en el ápex del ventrículo izquierdo (VI). La elección del sitio de canulación dependerá de la estrategia definida (p. ej.: puente a la recuperación con posible explante posterior, puente a la decisión o puente al trasplante), de la patología de base y causa del *shock* cardiogénico (p. ej.: miocardiopatía con ventrículo izquierdo restrictivo que limite el acceso a la cavidad ventricular, miocarditis aguda potencialmente recuperable, infarto agudo de miocardio) y/o antecedentes del paciente (p. ej.: cirugía cardíaca previa). Se han descrito nuevas técnicas para un implante seguro y hemostático en el ápex⁸. La cánula de infusión (o egreso del dispositivo) se implanta en la aorta ascendente directamente o mediante interposición de una prótesis vascular. Se han descrito estrategias de AVI mediante técnicas quirúrgicas miniinvasivas que evitan el uso de CEC, accediendo al ápex

del VI por una toracotomía mínima anterior izquierda. Para acceso de la aorta se realiza una esternotomía mínima parcial o canulación en alguna rama arterial central como las arterias axilares/subclavas derecha o izquierda.

Para asistencia ventricular derecha (AVD), la cánula de drenaje se implanta en la aurícula derecha (AD) por acceso directo a través de la pared libre de la misma. Otra opción es llegar a la AD por vía percutánea a través de los sistemas de venas cava superior o inferior, mediante punción de venas femorales o yugulares internas. La cánula de infusión, se implanta en el tronco de la arteria pulmonar.

Para asistencia biventricular (ABiV), se emplea la combinación de ambas técnicas de AVI y AVD.

OBJETIVOS DE LA ACM Y MANEJO HEMODINÁMICO

Los objetivos de la ACM con BC son:

- Lograr una adecuada perfusión y oxigenación de todos los sistemas orgánicos ajustado a la superficie corporal (60 ml/kg de peso en adultos) y al cuadro actual del paciente.
- Lograr una adecuada descarga de las cavidades cardíacas afectadas (VI, ventrículo derecho [VD] o ambos) y disminución del estrés parietal del miocardio.

Todos los pacientes requieren monitorización invasiva con catéteres arteriales y venosos centrales de *Swan Ganz* para obtener información respecto de la precarga y la poscarga del VD e indirectamente la presión de precarga del VI mediante la presión de enclavamiento pulmonar. La presión venosa central idealmente debe mantenerse en un rango entre 10 y 15 mmHg tanto para AVI, AVD o ABiV, de manera de asegurar una precarga adecuada. La presión arterial media debe estar idealmente entre 60 y 70 mmHg con precarga adecuada y resistencias vasculares entre 800 y 1200 dyn·s·cm⁻⁵. La monitorización de la presión de la arteria pulmonar permite establecer estrategias de vasodilatación pulmonar (uso de óxido nítrico inhalatorio; o drogas inodilatadoras como milrinona o dobutamina) a los fines de disminuir la poscarga del VD y asegurar el correcto llenado de la AI. Esta estrategia favorece tanto el soporte de la función del VD en caso de AVI, como el correcto funcionamiento de la AVD o ABiV.

La utilización de ecografía cardíaca transesofágica (ETE) intraoperatoria es mandatoria para la correcta evaluación de la hemodinamia del paciente bajo soporte con ACM. Es necesario valorar el correcto posicionamiento de las cánulas de drenaje tanto en cavidades auriculares como en VI, ya que podrían originarse obstrucciones mecánicas del drenaje por inadecuado posicionamiento que deben ser corregidas en el quirófano (p. ej.: succión de las valvas de las válvulas auriculoventriculares, succión y obstrucción del extremo de las cánulas por cercanía de las paredes de las cámaras drenadas). El ETE permite además la valoración de la precarga (llenado y/o vaciado) de las cámaras cardíacas asistidas. La rectificación y posicionamiento central del *septum* interventricular es un indicador de adecuado drenaje de las cámaras, además de favorecer la función sistólica del VD en caso de AVI. Una cánula implantada incorrectamente o un llenado inadecuado de las cámaras drenadas pueden oca-

TABLA 1. Indicaciones de ACM.

| | |
|---|--|
| Puente a la decisión/ puente al puente | Uso a corto plazo de la ACM (como SVE o ECMO) en pacientes con shock cardiogénico hasta que se establezca el estado hemodinámico y la perfusión de órganos finales; se excluyen las contraindicaciones de la ACM a largo plazo (daño cerebral tras reanimación) y se pueden evaluar otras opciones terapéuticas, como el DAV o el trasplante cardíaco. |
| Puente a la candidatura | Uso de la ACM (normalmente DAVI) para mejorar la función de órganos vitales y conseguir que un paciente no apto para trasplante lo sea. |
| Puente al trasplante | Uso de la ACM (DAVI o BIVAD) para mantener con vida al paciente que tiene alto riesgo de muerte antes del trasplante hasta que haya disponible un donante de órganos. |
| Puente a la recuperación | Uso de la ACM (típicamente DAVI) para mantener con vida al paciente hasta que la función cardíaca se recupere lo suficiente para retirar la ACM. |
| Terapia de destino | Uso de la ACM a largo plazo (DAVI) como alternativa al trasplante para pacientes con IC terminal no aptos para trasplante o que se encuentran largo tiempo en lista de espera para trasplante. |

ACM: asistencia circulatoria mecánica; BIVAD: dispositivo de asistencia biventricular; DAV: dispositivo de asistencia ventricular; DAVI: dispositivo de asistencia ventricular izquierda; ECMO: oxigenador extracorpóreo de membrana; IC: insuficiencia cardíaca; SVE: soporte vital extracorpóreo; TD: terapia de destino.

sionar problemas de funcionamiento, succión y colapso de la cámara, aumento de las presiones negativas generado por el dispositivo y formación de burbujas por el fenómeno de cavitación; con consecuencias graves de embolia aérea. La evaluación de la función ventricular por ETE permite establecer estrategias de asistencia univentricular o biventricular. Los parámetros más utilizados para valorar la función del VD son el desplazamiento sistólico del plano del anillo tricuspídeo (siglas en inglés, TAPSE), la integral velocidad tiempo (siglas en inglés, VTI) y el grado de suficiencia de la válvula tricuspídea. La confirmación de suficiencia valvular aórtica e indemnidad de los septum auricular y ventricular es necesaria para asegurar un correcto soporte circulatorio mecánico, evitando la recirculación y/o posibles embolias paradójicas.

INDICACIONES DE ACM

Las guías de la Sociedad Europea de Cardiología para el diagnóstico y tratamiento de la insuficiencia cardíaca aguda y crónica publicadas en 2016, describen las indicaciones actuales para el uso de ACM en pacientes con diagnóstico de falla cardíaca (Tabla 1)⁹.

Las guías para soporte circulatorio mecánico de la Sociedad Internacional de Trasplante Cardíaco y Pulmonar establecen que todos los pacientes candidatos a ACM deben tener determinada su CF (NYHA) y ser clasificados según los perfiles hemodinámicos del registro INTERMACS (Recomendación Clase I, Nivel de evidencia: C)¹⁰. Si bien estas recomendaciones fueron establecidas fundamentalmente para dispositivos implantables de largo plazo, son apli-

cables al manejo integral de pacientes candidatos a ACM con dispositivos de corto plazo. En Argentina el acceso a este tipo de tecnología se encuentra muy limitado, fundamentalmente debido al alto costo que conlleva su aplicación en un complejo sistema de salud basado en multipagadores. Situación similar se presenta en otros países de la región Latinoamericana, por lo que los dispositivos de menor costo como las BC se han transformado en una alternativa válida. Se han reportado experiencias favorables de ACM con CentriMag™ en Argentina^{6,11,12}, Chile^{13,14}, Colombia¹⁵ y Brasil¹⁶ como puente a la recuperación, puente a la decisión y puente al trasplante/retrasplante cardíaco.

COMPLICACIONES DE LA ACM CON BC

Las complicaciones y efectos adversos en pacientes bajo soporte circulatorio son comunes a todos los dispositivos de ACM, ya sean temporarios o permanentes, y están relacionados con:

- El procedimiento de implante y canulación, ya sea central o accesos vasculares periféricos (taponamiento, sangrado aumentado posoperatorio, isquemia distal a la canulación en miembros).
- La necesidad de anticoagulación y/o antiagregación plaquetaria que favorece los procesos hemorrágicos y/o tromboembólicos, fundamentalmente los eventos neurológicos.
- Las infecciones asociadas a la interfase de la piel con la exteriorización de cánulas.
- Fallas mecánicas y la hemólisis provocada por los dispositivos.

En un metaanálisis de la tasa de eventos adversos en pacientes bajo soporte con BC CentriMag™ publicado por Bosizenko et al., la media de ocurrencia de sangrado fue del 28% (IC95%: 23-32), de trombosis 7% (IC95%: 5-11%), hemólisis 3% (IC95%: 1-6%), complicaciones neurológicas 7% (IC95%: 4-11%), infecciones 24% (IC95%: 19-30%), complicaciones renales 28% (IC95%: 22-36%) y falla del dispositivo 0,08% (IC95%: 0,0-0,5%; 3 casos sobre 512 pacientes). La comparación de estos eventos entre las poblaciones adulta y pediátrica demostró que la tasa de eventos hemorrágicos (23 vs. 46%) y trombosis (4 vs. 22%) fue significativamente mayor en los pacientes pediátricos¹⁷.

CONCLUSIÓN

Actualmente, la insuficiencia cardíaca avanzada es una entidad compleja que requiere de un enfoque integral, siendo a veces necesario el sostén hemodinámico mediante dispositivos de asistencia circulatoria mecánica de corto o mediano plazo como puente a la decisión, a la recuperación o al trasplante cardíaco. Las BC constituyen una alternativa válida en nuestro medio que permiten un soporte uni o biventricular a estos pacientes críticos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Kozik DJ, Plunkett MD. Mechanical circulatory support. *Organogenesis* 2011;7(1):50-63.
2. Nagpal AD, Singal RK, Arora RC, Lamarche Y. Temporary Mechanical Circulatory Support in Cardiac Critical Care: A State of the Art Review and Algorithm for Device Selection. *Can J Cardiol* 2017;33(1):110-8.
3. De Robertis F, Briks EJ, Rogers P, Dreyfus G, Pepper JR, Khaghani A. Clinical performance with the Levitonix CentriMag short-term ventricular assist device. *J Heart Lung Transplant* 2006;25(2):181-6.
4. Zhang J, Gellman B, Koert KA, Dasse KA, Gilbert RJ, Griffith BP, et al. Computational and experimental evaluation of the fluid dynamics and hemocompatibility of the CentriMag blood pump. *Artif Organs* 2006;30(3):168-77.
5. 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.
6. Favaloro RR, Bertolotti A, Diez M, Favaloro L, Gómez C, Peradejordi M, et al. Adequate systemic perfusion maintained by a CentriMag during acute heart failure. *Tex Heart Inst J* 2008;35(3):334-9.
7. Disposición 1509-14 ANMAT www.anmat.gov.ar/boletin_anmat_marzo_2014/Dispo_1509-14.pdf
8. Shen TC, Tsai KT, Hu CY, Chen RJ. Skirted Cannula Technique for Apical Cannulation in Implantation of Centrimag Left Ventricular Assist Device. *Ann Thorac Surg* 2016;101(6):2404-6.
9. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland JG, Coats AJ, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 2016;37(27):2129-200.
10. Feldman D, Pamboukian SV, Teuteberg JJ, Birks E, Lietz K, Moore SA. The 2013 International Society for Heart and Lung Transplantation Guidelines for mechanical circulatory support: Executive summary. *J Heart Lung Transplant* 2013;32(2):157-87.
11. Bertolotti AM, Peradejordi M, Favaloro L, Carballo M, Absi D, Favaloro LE, et al. Experiencia con bomba centrífuga magnética en pacientes con shock cardiogénico (INTERMACS 1). *Rev Argent Cardiol* 2014;82(3):205-10.
12. Cohen Arazi H, Spampinato R, Waldman SV, Rodríguez W, Grancelli H, Schnetzer N, et al. Asistencia circulatoria temporaria como puente al retrasplante. *Rev Argent Cardiol* 2010;78(6):516-7.
13. Villavicencio M, Larrea R, Larraín E, Turner F, Rivera J, Peralta JP, et al. Puente al trasplante de 4 semanas utilizando el sistema de asistencia ventricular Levitronix Centrimag® en el shock cardiogénico post-infarto al miocardio. Caso clínico. *Rev Med Chile* 2010;138(6):752-757.
14. Villavicencio M, Larraín E, Larrea R, Peralta JP, Lim JS, Rojo P, et al. Bridge to transplant or recovery in cardiogenic shock in a developing country. *Asian Cardiovasc Thorac Ann* 2017;25(2):105-12.
15. Garzon-Rodríguez JD, Obando-Lopez C, Giraldo-Grueso M, Sandoval-Reyes N, Camacho J, Umaña JP. Mechanical circulatory support as bridge therapy for heart transplant: case series report. *BMC Research Notes* 2018;11(1):430.
16. Breda JR, Gaia DF, Macedo M, Motta P, Martins M, Alves D, et al. Ventricular assist device implantation with CentriMag VAS® for biventricular mechanical support. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 2013;28(3):401-4.
17. Borisenko O, Wylie G, Payne J, Bjessmo S, Smith J, Yonan N, et al. Thoratec CentriMag for Temporary Treatment of Refractory Cardiogenic Shock or Severe Cardiopulmonary Insufficiency: A Systematic Literature Review and Meta-Analysis of Observational Studies. *Asaio Journal* 2014;60(5):487-97.