



Asistencia ventricular

JUAN JOSÉ MENÉNDEZ SUSO

Servicio de Cuidados Intensivos Pediátricos. Hospital Universitario La Paz. Madrid. España.
juanjomen@yahoo.es

Introducción

Los dispositivos mecánicos de soporte circulatorio (DMSC) suponen actualmente una opción terapéutica fundamental para el manejo de los pacientes con fallo cardiaco grave refractario a fármacos, ya que permiten sostener artificialmente la circulación, normalizando la distribución de oxígeno y nutrientes a los tejidos, hasta que se produzca la recuperación de la función miocárdica o, en su defecto, hasta que se pueda realizar un trasplante cardiaco. De todos los DMSC, el más empleado actualmente en la edad pediátrica es el ECMO (oxigenación por membrana extracorpórea)^{1,2}, dispositivo que exige la canulación vascular del paciente y que ofrece soporte cardiorrespiratorio durante cortos periodos (2-3 semanas). Por otro lado, y aunque la experiencia en pediatría es más limitada, los dispositivos de asistencia ventricular (VAD) exigen la canulación de las cavidades cardiacas y permiten soportar la circulación durante periodos mucho más prolongados (meses), lo que es especialmente importante cuando la probabilidad de recuperación miocárdica es escasa, tardía o nula y, por tanto, la posibilidad de precisar un trasplante es elevada³⁻⁶.

Puntos clave

- Los dispositivos de asistencia ventricular (VAD) permiten sostener artificialmente la circulación de pacientes en situación de insuficiencia cardiaca grave refractaria a fármacos, hasta que se produzca la recuperación de la función miocárdica o, en su defecto, hasta que se pueda realizar un trasplante cardiaco.
- Para su funcionamiento se requiere la canulación directa de las cavidades cardiacas y de los grandes vasos arteriales (arteria aorta y/o arteria pulmonar) del paciente, permitiendo soportar a uno o a los 2 ventrículos.
- Los VAD de corta duración ofrecen tratamientos de hasta 2-3 semanas de duración y se emplean habitualmente como terapia puente a recuperación, en pacientes con disfunción ventricular grave postoperatoria.
- Los VAD de larga duración permiten tratamientos de meses de duración y se emplean fundamentalmente como terapia puente a trasplante, en pacientes portadores de miocardiopatías, especialmente la dilatada, o de cardiopatías congénitas no subsidiarias de cirugía.

Clasificación

En la tabla 1 se clasifican los principales DMSC de utilidad en la edad pediátrica, atendiendo a varias de sus características más fundamentales. Conviene precisar que se denominan VAD, en sentido estricto, a aquellos DMSC que permiten la descarga directa de uno o ambos ventrículos, lo cual exige la canulación de las cavidades cardiacas, independientemente de que el flujo generado sea continuo o pulsátil. También conviene aclarar que, aunque clásicamente sólo los dispositivos tipo ECMO ofrecían soporte circulatorio y respiratorio, actualmente es posible intercalar un oxigenador en los circuitos de diferentes VAD, pudiendo, por tanto, soportar eficazmente a pacientes con insuficiencia respiratoria grave asociada al fallo circulatorio.

Objetivos de la terapia con los dispositivos de asistencia ventricular

A la hora de establecer la indicación de tratamiento con un VAD, y con vistas a seleccionar el más adecuado, es fundamental tener en cuenta los objetivos terapéuticos que se persiguen. A continuación se resumen los más importantes:

1. *Puente a recuperación* (bridge to recovery). En los pacientes con altas probabilidades de recuperar rápidamente la función ventricular (fallo cardiaco poscardiotomía, miocarditis aguda fulminante, rechazo agudo del injerto en el paciente trasplan-

Tabla 1. Clasificación de los principales dispositivos de soporte

Tipo de dispositivo	Duración soporte	Flujo	Bomba
ECMO	Corta	Continuo	Rotacional (rodillo o centrífuga)
VAD	Corta	Continuo	Rotacional centrífuga
	Larga	Pulsátil	Pulsátil neumática
BCPIAo	Larga/definitiva	Continuo	Rotacional axial
	Corta	Pulsátil	Balón neumático

AD: aurícula derecha; AI: aurícula izquierda; AO: arteria aorta; AP: arteria pulmonar; ECMO: oxigenación por membrana extracorpórea; VAD: dispositivo de asistencia ventricular; VI: ventrículo izquierdo.

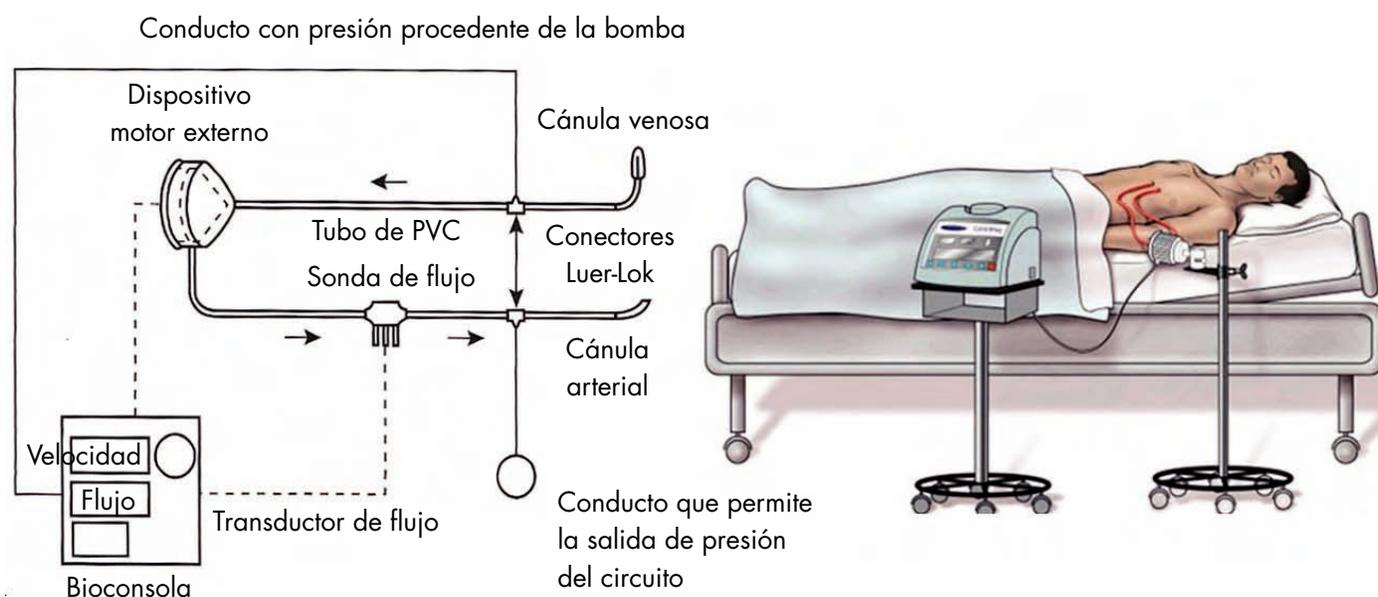


Figura 1. Esquema de un circuito de asistencia ventricular con bomba tipo centrífuga.

tado, cardiotoxicidad farmacológica o séptica, o traumatismo cardiaco), los DMSC de elección son los de corta duración y flujo continuo (ECMO o VAD con bomba centrífuga). Sin embargo, si las posibilidades de recuperación son escasas y/o tardías (miocardiopatía dilatada idiopática, miocarditis crónica o miocardiopatía inflamatoria/posviral), los dispositivos de elección son los VAD de larga duración, destacando fundamentalmente los pulsátiles (Berlin Heart EXCOR®) en la edad pediátrica. Si, finalmente, se produce la recuperación cardiaca, se explanta el dispositivo. En caso contrario, se puede plantear implantar un dispositivo de larga duración y/o realizar un trasplante cardiaco.

2. *Puente a trasplante* (bridge to transplantation). El soporte circulatorio de pacientes que precisan un trasplante cardiaco y que son portadores de miocardiopatías o de cardiopatías con-

génitas sin opción quirúrgica o en situación de fallo cardiaco irreversible supone actualmente la indicación más frecuente de tratamiento con VAD en el paciente pediátrico. La decisión de tratar a estos pacientes con dispositivos de corta o larga duración dependerá de diferentes factores, siendo el fundamental el tiempo medio de espera en lista de trasplante, lo que se ve muy influido por la tasa de donantes pediátricos de cada país en particular y por la edad, el peso y el grupo sanguíneo del paciente. En este sentido, cuando el tiempo estimado de espera para trasplante sea inferior a 2 semanas, estarán indicados los DMSC de corta duración (ECMO o VAD tipo bomba centrífuga). Sin embargo, cuando éste sea superior a 2-3 semanas, como ocurre en nuestro país, los dispositivos de elección son los VAD de larga duración, preferiblemente pulsátiles, como el Berlin Heart EXCOR®.

circulatorio mecánico de utilidad en el paciente pediátrico

Localización	Canulación	Soporte circulatorio	Soporte respiratorio	Modelos	Edades
Extracorpórea	Vascular periférica o torácica	Biventricular	Sí	Múltiples	Neonato-adulto
Extracorpórea	Cardíaca	Uni o biventricular	Posible	Maquet Rotaflow. Levitronix CentriMag. Medos DeltaStream DP2. Bio-Pump	Neonato-adulto
Paracorpórea	Cardíaca (AI/VI-AO; AD-AP)	Uni o biventricular	Posible	Berlin Heart Excor. Medos VAD III-System. Thoratec VAD (> 20 kg)	Neonato-adulto
Intracorpórea	Cardíaca (VI-AO)	Univentricular	No	HeartAssist 5 Pediatric VAD. Berlin Heart Incor. Thoratec HeartMate II. HeartWare HVAD	Adolescente-adulto
Extracorpórea	Vascular periférica	Univentricular	No	Datascope	Lactante-adulto

pulmonar; BCPIAo: balón de contrapulsación intraaórtico; ECMO: oxigenación con membrana extracorpórea; soporte de corta duración: 2-3 semanas; soporte de larga duración:

Tabla 2. Comparación de los principales dispositivos mecánicos de soporte circulatorio de uso en la edad pediátrica

Dispositivo	ECMO	VAD corta duración	VAD larga duración
Generalidades			
Experiencia clínica	Elevada	Moderada	En aumento
Coste	Moderado	Discreto	Elevado
Duración soporte	2-3 semanas	3-4 semanas	Meses
Permite extubación y movilización paciente	No	En ocasiones	Sí
Implantación	Rápida (no CEC)	Bastante rápida (a veces CEC)	Laboriosa (precisa CEC)
Detalles técnicos			
Flujo sanguíneo	Continuo	Continuo	Pulsátil
Bomba	Rodillo o centrífuga	Centrífuga	Pulsátil
Soporte respiratorio	Sí	No (posible)	No
Soporte circulatorio	Biventricular	Uni o biventricular	Uni o biventricular
Canulación	Vascular	Cardíaca	Cardíaca
Descarga ventricular	Incompleta	Casi completa	Completa
Anticoagulación	Sí	Sí	Sí
Antiagregación	No	No	Sí
Indicaciones			
Puente a recuperación	Sí. Recuperación rápida (fallo biventricular)	Sí. Recuperación rápida (fallo univentricular)	Sí. Recuperación tardía (fallo uni/ biventricular)
Puente a trasplante	Sí (espera < 2 semanas)	Sí (espera < 2 semanas)	Sí (espera > 2 semanas)
Puente a decisión	Sí	Sí	No
Soporte permanente	No	No	Posible
Complicaciones			
Hemólisis	+++	+	+
Hemorragia-tromboembolismo	++	++	+
Infección	+	+	+/-

CEC: circulación extracorpórea; ECMO: oxigenación con membrana extracorpórea; VAD: dispositivos de asistencia ventricular.

3. *Puente a decisión* (bridge to decision). Con relativa frecuencia, los pacientes en situación de fallo cardíaco grave pueden asociar complicaciones graves, como lesiones cerebrales hipóxico-isquémicas o síndrome de disfunción multiorgánica, sin que se pueda precisar de antemano la reversibilidad de las mismas. En estos casos, el tratamiento con DMSC de corta duración, al mejorar la circulación, ofrece la posibilidad de, en el plazo de días, evaluar si existe o no recuperación de los órganos dañados. De esta manera, permiten tomar la decisión de implantar otros dispositivos de larga duración, como puente a recuperación o trasplante, en el caso de recuperación del paciente, o de limitar el esfuerzo terapéutico, en el caso contrario.

4. *Terapia definitiva* (bridge to destination therapy). Aunque este objetivo terapéutico es excepcional en el paciente pediátrico, podría plantearse en adolescentes en los que el trasplante cardíaco no esté indicado o se rechace por parte del paciente o la familia. En este caso, los dispositivos de elección serían los implantables intracorpóreos de larga duración, tipo flujo axial o tipo corazón artificial total.

Dispositivos de asistencia ventricular de corta duración

Descripción de los dispositivos

Los VAD de corta duración más empleados actualmente en el paciente pediátrico son: Maquet Rotaflow® (Maquet Cardiopulmonay AG, Hirrlingen, Alemania) y Levitronix CentriMag® (Levitronix LLC, Zurich, Suiza).

Esquemáticamente, el circuito de un VAD de corta duración consta de los siguientes componentes:

- Cánulas: para soportar el ventrículo izquierdo (VI) se canulan el ápex del VI (excepcionalmente la aurícula izquierda) y la aorta ascendente. Para soportar el ventrículo derecho (VD) se canulan la aurícula derecha (ocasionalmente el ápex del VD) y el tronco de la arteria pulmonar.
- Circuito extracorpóreo: es habitualmente sencillo (fig. 1), sin reservorio de sangre ni oxigenador (normalmente), y con

pocos o ningún sensor de presión. Dispone de un sensor de flujo y de una bomba rotacional de tipo centrífuga. No existen válvulas y el flujo sanguíneo generado es continuo.

Ventajas e inconvenientes

En la tabla 2 se comparan los aspectos más fundamentales de los tres DMSC de uso más extendido en la edad pediátrica⁸. Las ventajas fundamentales de los VAD de corta duración con bomba centrífuga son:

- Permiten soporte uni o biventricular, con descarga directa de los ventrículos, lo que aumenta las posibilidades de recuperación de la función miocárdica⁹.
- La tasa de hemólisis generada por la bomba es reducida¹⁰.
- Los circuitos son cortos y sencillos técnicamente, lo que justifica el menor volumen de purga, la mayor facilidad en su manejo y, lo que es más importante, el bajo riesgo de coagulación del circuito, especialmente los realizados con modernos materiales biocompatibles recubiertos de heparina (BioLine[®], Carmeda[®]). Por ello, las dosis de anticoagulación necesarias son más reducidas, existiendo menos riesgo de complicaciones hemorrágicas y tromboembólicas^{11,12}.
- En caso de necesitar soporte respiratorio, es posible intercalar un oxigenador en el circuito.

Los principales inconvenientes de los VAD con bomba centrífuga son:

- Permiten soporte sólo de corta duración (no más de 3-4 semanas).
- El flujo sanguíneo generado por la bomba no es fijo a lo largo del tiempo, ya que depende tanto de características propias del circuito (tamaño, localización y permeabilidad de las cánulas), como del paciente (fundamentalmente estado de volemia y tono vascular).
- La canulación requiere anestesia general y esternotomía media, por lo que, en comparación con la ECMO, es más lenta y más compleja.

Indicaciones y contraindicaciones

Las indicaciones para el empleo de los VAD de corta duración son:

- Indicación fundamental: disfunción ventricular postoperatoria. La indicación fundamental de estos dispositivos es la disfunción sistólica grave del ventrículo izquierdo, que se presenta en el postoperatorio de pacientes con cardiopatías congénitas (especialmente, cirugía tipo Norwood, transposición de grandes arterias, arteria coronaria anómala [ALCAPA] y otras cirugías complejas sobre la raíz aórtica), utilizándose como terapia puente a recuperación de la función miocárdica, habiéndose descrito supervivencias de 50-70%¹³⁻¹⁵.
- Otras indicaciones: ocasionalmente, se han empleado como terapia puente a recuperación o trasplante, en pacientes con miocarditis aguda fulminante, miocardiopatía dilatada, disfunción aguda del injerto en pacientes trasplantados o hipertensión pulmonar grave y, excepcionalmente, en situaciones de fallo cardiaco agudo secundario

a sepsis, traumatismo torácico o intoxicación por cardiotoxícos^{16,17}. También pueden ser de utilidad como terapia puente a decisión¹⁸.

Las contraindicaciones más importantes para su empleo son:

- Lesión neurológica o fallo multiorgánico (no renal-hepático) grave e irreversible.
- Coagulopatía o infección grave y no controlada.
- Situación anatómica o circulatoria incompatible (insuficiencia aórtica moderada-grave).

Dispositivos de asistencia ventricular de larga duración

Descripción de los dispositivos

La oferta de VAD de larga duración de aplicación en la edad pediátrica es relativamente escasa, reduciéndose casi en exclusiva al grupo de los paracorpóreos pulsátiles, entre los que destaca el dispositivo Berlin Heart EXCOR[®] (Berlin Heart AG, Berlín, Alemania), por ser con el que, hoy en día, se tiene más experiencia en el ámbito mundial, habiéndose empleado en f 1.200 pacientes adultos y 800 pediátricos (véase la tabla 3)¹⁹⁻²¹. Este dispositivo permite realizar soporte uni o biventricular durante largos periodos a pacientes pediátricos de todas las edades, pues existen cánulas y bombas (10, 25, 30, 50, 60, 80 ml) de diferentes tamaños.

Esquemáticamente, consta de los siguientes componentes (fig. 2):

- Cánulas: se canula el ápex del VI y la aorta ascendente, en caso de asistencia ventricular izquierda (L-VAD), la aurícula derecha y el tronco de la arteria pulmonar, en caso de asistencia ventricular derecha (R-VAD), o todo lo anterior, en caso de asistencia biventricular (Bi-VAD).
- Bombas: de localización paracorpórea, constan de una cámara sanguínea y de otra aérea, separadas ambas por una membrana rígida e impermeable. Disponen de válvulas en los conectores de entrada y salida de sangre, para que el flujo sanguíneo sea unidireccional. La cámara sanguínea se conecta al paciente a través de las cánulas. La cámara aérea se conecta a los compresores de aire a través de unos latiguillos. El llenado y el vaciado de la cámara aérea de la bomba (sistema motriz neumático) conllevan, a su vez, y de manera opuesta, el llenado y vaciado de la cámara sanguínea, generándose un flujo sanguíneo pulsátil. De esta manera, la sangre se extrae directamente de las cavidades cardíacas y, tras ser impulsada por la bomba neumática, se devuelve a las arterias principales del paciente.
- Consola: en la que residen los compresores de aire y la computadora que permite programar los parámetros de funcionamiento del dispositivo.

Ventajas e inconvenientes

Las principales ventajas son:

- Permiten soporte uni o biventricular, de larga duración (meses-años), en niños de cualquier edad.

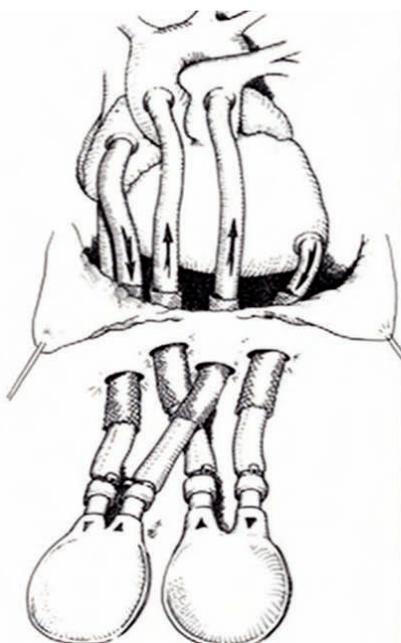


Figura 2. Esquema de la canulación y del circuito del dispositivo Berlin Heart EXCOR®.

Tabla 3. Resumen de la experiencia mundial con el dispositivo Berlin Heart Excor®

	Adultos	Niños
N.º de implantes	1.177	798 (43% < 1 año)
BiVAD/LVAD/RVAD	780/330/36	347/437/10
Duración media del soporte hasta el trasplante	175 días	81 días
Etiologías más frecuentes	MC dilatada 460 (39%)	MC dilatada 295 (36%)
	MC isquémica 192 (16%)	Cardiopatía congénita 166 (20%)
	IAM 145 (12%)	Miocarditis 102 (13%)
Complicaciones más frecuentes	SDMO 25%	Hemorragia grave 34%
	Hemorragia grave 13%	Infección grave 25%
	ACVA 11%	ACVA 21%
	Infección grave 8%	SDMO 16%
Evolución	Trasplante 358 (31%)	Trasplante 453 (57%)
	Recuperación 44 (4%)	Recuperación 75 (9%)
	Muerte 649 (56%)	Muerte 214 (27%)
	En curso 86 (8%)	En curso 50 (7%)

ACVA: accidente cerebrovascular; IAM: infarto agudo de miocardio; MC: miocardiopatía; SDMO: síndrome de disfunción multiorgánica. Datos actualizados a septiembre del 2010.

- Presentan menos riesgo de complicaciones en forma de hemólisis, eventos trombotico-hemorragicos y de infección que los dispositivos de corta duración.
- Consiguen una rápida estabilización hemodinámica, lo que permite la extubación, movilización y nutrición enteral precoces, acelerando la recuperación de los pacientes.

Los principales inconvenientes son:

- Mayor complejidad en su implantación, requiriéndose un equipo multidisciplinar especializado, anestesia general y, habitualmente, circulación extracorpórea.
- Mayor coste del dispositivo a corto plazo.
- Utilidad limitada en pacientes con patología respiratoria grave asociada, aunque es posible intercalar transitoriamente un oxigenador en el circuito para ofrecer también soporte respiratorio.

Indicaciones y contraindicaciones

Las indicaciones para el empleo de VAD de larga duración son:

- Indicación fundamental: soporte circulatorio como puente a trasplante cardiaco. Se suelen indicar en pacientes con miocardiopatías, especialmente la miocardiopatía dilatada, o con cardiopatías congénitas no subsidiarias de cirugía. Estudios recientes demuestran que la probabilidad de sobrevivir hasta el trasplante es mayor en pacientes soportados con VAD pulsátiles (86%) que con ECMO (57%), especialmente en el grupo de lactantes pequeños (90%)²²⁻²⁴. Además, la supervivencia a largo plazo tras el trasplante, en los pacientes que requirieron tratamiento con VAD, no difiere significativamente de los pacientes trasplantados sin soporte circulatorio previo²⁵.
- Otras indicaciones: soporte circulatorio como puente a recuperación en pacientes en los que la probabilidad de recupe-

ración sea tardía y/o escasa: miocarditis agudas (no fulminantes) o crónicas, las miocardiopatías (especialmente la dilatada) y las disfunciones ventriculares graves poscardiotomía o posttrasplante cardiaco, si bien este último grupo suele soportarse inicialmente con dispositivos de corta duración.

Las contraindicaciones son muy similares a las descritas para los VAD de corta duración.

Bibliografía



● Importante ●● Muy importante

■ Epidemiología

- Bartlett RH, Gazzaniga AB, Huxtable RF, Schippers HC, O'Connor MJ, Jefferies MR. Extracorporeal circulation (ECMO) in neonatal respiratory failure. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1977;74:826-33.
- Conrad SA, Rycus PT, Dalton H. Extracorporeal Life Support Registry Report 2004. *ASAIO J.* 2005;51:4-10.
- Potapov EV, Stiller B, Hetzer R. Ventricular assist devices in children: current achievements and future perspectives. *Pediatr Transplant.* 2007;11:241-55.
- Reinhartz O, Stiller B, Eilers R, Farrar D. Current clinical status of pulsatile pediatric circulatory support. *ASAIO J.* 2002;48:455-59.
- Cassidy J, Haynes S, Kirk R, Crossland D, Smith JH, Hamilton L, et al. Changing patterns of bridging to heart transplantation in children. *J Heart Lung Transplant.* 2009;28:249-54.
- Karl TR, Horton SB. Centrifugal pump ventricular assist device in pediatric cardiac surgery. En: Duncan BW, editor. *Mechanical circulatory support for cardiac and respiratory failure in pediatric cardiac patients.* New York: Marcel Dekker Ed.; 2001. p. 21-47.
- Duncan BW. Pediatric mechanical circulatory support in the United States: past, present, and future. *ASAIO J.* 2006;52:525-9.
- Duncan BW. Extracorporeal membrane oxygenation versus ventricular assist device support for children with cardiac disease. En: Duncan BW, editor. *Mechanical circulatory support for cardiac and respiratory failure in pediatric cardiac patients.* New York: Marcel Dekker Ed.; 2001. p. 61-74.
- Mohapatra B, Vick GW 3rd, Fraser CD Jr, Clunie SK, Towbin JA, Sinagra G, et al. Short-term mechanical unloading and reverse remodeling of failing hearts in children. *J Heart Lung Transplant.* 2010;29:98-104.
- Horton S, Thuys C, Bennett M, Augustin S, Rosenberg M, Brizard C. Experience with the Jostra Rotaflo and Quadrox D oxygenator for ECMO. *Perfusion.* 2004;19:17-23.
- Rossaint R, Slama K, Lewandowski K, Streich R, Henin P, Hopfe T, et al. Extracorporeal lung assist with heparin-coated systems. *Int J Artif Organs.* 1992;15:29-34.
- Bianchi JJ, Swartz Mt, Raithel SC, Braun PR, Illes MZ, Barnett MG, et al. Initial clinical experience with centrifugal pumps coated with the Carmeda process. *ASAIO J.* 1992;38:143-6.
- Ibrahim AE, Duncan BW, Blumen ED, Jonas RA. Long-term follow-up of pediatric patients requiring mechanical circulatory support. *Ann Thorac Surg.* 2000;69:186-92.
- Dickerson HA, Chang AC. Perioperative management of ventricular assist devices in children and adolescents. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu.* 2006;9:128-39.
- Karl TR, Horton SB, Brizard C. Postoperative support with the centrifugal pump ventricular assist device (VAD). *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu.* 2006:83-91.
- Duncan BW, Bohn DJ, Atz AM, French JW, Laussen PC, Wessel DL. Mechanical circulatory support for the treatment of children with acute fulminant myocarditis. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2001;122:440-48.
- Maclaren G, Butt W, Best D, Donath S. Central extracorporeal membrane oxygenation for refractory pediatric septic shock. *Pediatr Crit Care Med.* 2011;12:133-6.
- Loforte A, Potapov E, Krabatsch T, Musci M, Weng Y, Pasic M, et al. Levitronix CentriMag to Berlin Heart ExcOR: A «bridge to bridge» solution in refractory cardiogenic shock. *ASAIO J.* 2009;55:465-8.
- Hetzer R, Alexi-Meskishvili V, Weng Y, Hübler M, Potapov E, Drews T, et al. Mechanical cardiac support in the young with the Berlin Heart EXCOR pulsatile ventricular assist device: 15 years' experience. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu.* 2006:99-108.
- Hetzer R, Stiller B. Technology insight: use of ventricular assist devices in children. *Nat Clin Pract Cardiovasc Med.* 2006;3:377-86.
- Stiller B, Lemmer J, Schubert S, Ewert P, Schulze-Neick I, Hübler M, et al. Management of pediatric patients after implantation of the Berlin Heart EXCOR ventricular assist device. *ASAIO J.* 2006;52:497-500.
- Morales DL, Almond CS, Jaquiss RD, Rosenthal DN, Naftel DC, Massicotte MP, et al. Bridging children of all sizes to cardiac transplantation: the initial multicenter North American experience with the Berlin Heart EXCOR ventricular assist device. *J Heart Lung Transplant.* 2011;30:1-8.
- Hetzer R, Potapov EV, Stiller B, Weng Y, Hübler M, Lemmer J, et al. Improvement in survival after mechanical circulatory support with pneumatic pulsatile ventricular assist devices in pediatric patients. *Ann Thorac Surg.* 2006;82:917-24.
- Imamura M, Dossey AM, Prophan P, Schmitz M, Frazier E, Dyamenahalli U, et al. Bridge to cardiac transplant in children: Berlin Heart versus extracorporeal membrane oxygenation. *Ann Thorac Surg.* 2009;87:1894-901.
- Jeewa A, Manhiot C, McCrindle BW, Van Arsdell G, Humpl T, Dipchand AI. Outcomes with ventricular assist device versus extracorporeal membrane oxygenation as a bridge to pediatric heart transplantation. *Artif Organs.* 2010;34:1087-91.

Bibliografía recomendada

Duncan BW. Extracorporeal membrane oxygenation versus ventricular assist device support for children with cardiac disease. En: Duncan BW, editor. *Mechanical circulatory support for cardiac and respiratory failure in pediatric cardiac patients.* New York: Marcel Dekker Ed.; 2001. p. 61-74.

Capítulo de un libro dedicado al soporte circulatorio mecánico en niños con cardiopatías, en el que se analizan las ventajas y los inconvenientes de los dispositivos tipo ECMO y de los dispositivos de asistencia ventricular.

Dickerson HA, Chang AC. Perioperative management of ventricular assist devices in children and adolescents. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu.* 2006;9:128-39.

Artículo de revisión en el que se analizan cuestiones relacionadas con la indicación, selección de pacientes, las características de los circuitos y el manejo clínico general de los dispositivos de asistencia ventricular, en el postoperatorio de la cirugía cardiaca.

Hetzer R, Potapov EV, Stiller B, Weng Y, Hübler M, Lemmer J, et al. Improvement in survival after mechanical circulatory support with pneumatic pulsatile ventricular assist devices in pediatric patients. *Ann Thorac Surg.* 2006;82:917-24.

Artículo de revisión en el que se describe la experiencia con el dispositivo Berlin Heart EXCOR® en el Deutsches Herzzentrum de Berlín, que es el hospital que más lo ha empleado en todo el mundo.

Imamura M, Dossey AM, Prophan P, Schmitz M, Frazier E, Dyamenahalli U, et al. Bridge to cardiac transplant in children: Berlin Heart versus extracorporeal membrane oxygenation. *Ann Thorac Surg.* 2009;87:1894-901.

Estudio retrospectivo en el que se comparan los dispositivos de ECMO y Berlin Heart EXCOR® como terapia puente a trasplante cardiaco en niños, demostrándose mayor supervivencia hasta el trasplante y a largo plazo, sin aumento de las complicaciones tromboembólicas ni de fallo multiorgánico, en los pacientes tratados con Berlin Heart®.