

Asistencia mecánica ventricular de corta duración (*shock* cardiogénico)

Los dispositivos de asistencia ventricular de corta duración se utilizan en aquellos pacientes que sufren una disfunción ventricular potencialmente reversible. Cualquier causa de *shock* cardiogénico puede ser una indicación para la colocación de una asistencia ventricular, si bien los beneficios son mayores en aquellos de causa potencialmente reversible tales como miocarditis, sobredosis de fármacos, hipotermia o arritmias ventriculares malignas. Son tres las principales indicaciones para la colocación de este tipo de asistencia: 1) fallo ventricular grave potencialmente reversible en el que se asegura soporte temporal hasta la recuperación o hasta la posible revascularización; 2) pacientes con gran área isquémica en riesgo, en los que se proporciona soporte temporal durante un procedimiento percutáneo o revascularización quirúrgica, y 3) terapéutica puente hacia una asistencia de duración prolongada o hacia el trasplante.

Palabras clave: Asistencia ventricular. *Shock* cardiogénico. Insuficiencia cardíaca. Infarto agudo de miocardio.

DEFINICIÓN Y FISIOPATOLOGÍA DEL *SHOCK* CARDIOGÉNICO

El *shock* cardiogénico se caracteriza por un estado de hipoperfusión hística debido a fallo cardíaco. Su definición encierra parámetros hemodinámicos entre los que se incluye hipotensión persistente (presión arterial sistólica < 80-90 mmHg o presión arterial media que disminuye 30 mmHg respecto a la basal), con disminución grave del índice cardíaco (< 1,8 l/min/m² sin soporte o 2-2,2 l/min/m² con soporte),

Tomasa Centella Hernández

Servicio de Cirugía Cardíaca
Hospital Ramón y Cajal, Madrid

Short-term ventricular mechanical assist (cardiogenic shock)

Short-term ventricular assist devices are used in patients suffering a potentially reversible ventricular dysfunction. Any cause of cardiogenic shock can be a potential indication for mechanical support, although higher benefits are to be expected in potentially reversible causes such as acute myocarditis, drug overdose, hypothermia, and ventricular tachycardia or fibrillation. The main indications for ventricular assist support are: 1) severe and reversible ventricular failure therefore assuring temporary circulatory support until recovery or revascularization; 2) patients with large ischemic areas at risk, providing temporary circulatory support during high-risk percutaneous or surgical revascularization, and 3) bridging therapy towards a permanent assist device or heart transplantation.

Key words: Ventricular assist devices. Cardiogenic shock. Heart failure. Myocardial infarction.

todo ello con adecuada precarga (presión telediastólica de ventrículo izquierdo [VI] > 18 mmHg o presión telediastólica de ventrículo derecho [VD] > 10-15 mmHg)¹.

La hipoperfusión hística puede manifestarse clínicamente por frialdad de extremidades, disminución del gasto urinario y/o alteración del estado de consciencia. Las alteraciones hemodinámicas varían dentro de un rango que oscila entre la hipoperfusión leve hasta el *shock* cardiogénico grave, que puede presentarse en pocos minutos según la causa que lo origine.

Correspondencia:

Tomasa Centella Hernández
Secretaría de Cirugía Cardíaca Infantil. 2.a Izq.
Hospital Ramón y Cajal
Ctra. de Colmenar, km 9,100
28034 Madrid
E-mail: centellato@telefonica.net

Recibido 1 de noviembre de 2008
Aceptado 10 de mayo de 2009

TABLA I. CAUSAS DE *SHOCK* CARDIOGÉNICO

Infarto agudo de miocardio

- Disminución de la función del VI
 - Pérdida mayor del 40% de la masa miocárdica
 - Pérdida menor del 40% de la masa miocárdica con taquiarritmia asociada
- Complicaciones mecánicas
 - Insuficiencia mitral aguda
 - Comunicación interventricular postinfarto
 - Rotura de la pared libre
- Infarto de VD

Miocardiopatías

- Miocardiopatía hipertrófica
- Miocardiopatía dilatada

Enfermedades valvulares

- Estenosis mitral o aórtica
- Insuficiencia mitral o aórtica
 - Endocarditis infecciosa
 - Disección de aorta ascendente
 - Traumatismo valvular
 - Iatrogénicas
- Obstrucciones valvulares por vegetaciones, trombos o tumores
- Disfunción valvular protésica

Miocarditis

Contusión miocárdica

Embolismo pulmonar masivo

Taponamiento cardíaco

Circulación extracorpórea prolongada

Shock poscardiotomía

El diagnóstico se realiza mediante la inserción de un catéter en arteria pulmonar que permite confirmar los criterios hemodinámicos, si bien la utilización del ecocardiograma con análisis Doppler puede cuantificar la elevación de las presiones de llenado ventriculares, y en la actualidad se considera suficiente para el diagnóstico².

ETIOLOGÍA Y FISIOPATOLOGÍA

Cualquier causa que produzca una disfunción aguda grave del VD o del VI puede desembocar en *shock* cardiogénico (Tabla I). El infarto agudo de miocardio (IAM) con disfunción de VI continúa siendo la causa más frecuente de *shock* cardiogénico, afectando aproximadamente al 5-8% de los pacientes hospitalizados con infarto asociado a elevación del segmento ST y hasta un 2,5% de los casos en los que no existe elevación de dicho segmento^{1,3,4}.

Desde el punto de vista fisiopatológico, la disminución de la función VI junto con la reducción de la contractilidad determinan un descenso del gasto cardíaco y de la presión arterial. La perfusión coronaria sufre, asimismo, un importante decremento con posterior compromiso de la reserva coronaria. Como consecuencia, se pondrán en marcha diferentes respuestas neurohormonales

TABLA II. DIAGNÓSTICO DEL *SHOCK* CARDIOGÉNICO SEGÚN LOS PERFILES HEMODINÁMICOS DEL PACIENTE

Fallo ventricular izquierdo

- Elevación de PEP
- Bajo gasto cardíaco
- Resistencias vasculares sistémicas elevadas

Fallo ventricular derecho

- Aumento de la PVC
- Razón PVC/PEP > 0,8

Insuficiencia mitral

- Aumento de la presión capilar pulmonar
- Gran crecimiento de onda V en el registro de PEP

Comunicación interventricular

- Gran crecimiento de onda V en el registro de PEP
- Diferencias de saturación entre VD y VI < 5%

Taponamiento cardíaco

- Igualación de las presiones diastólicas de ambos ventrículos

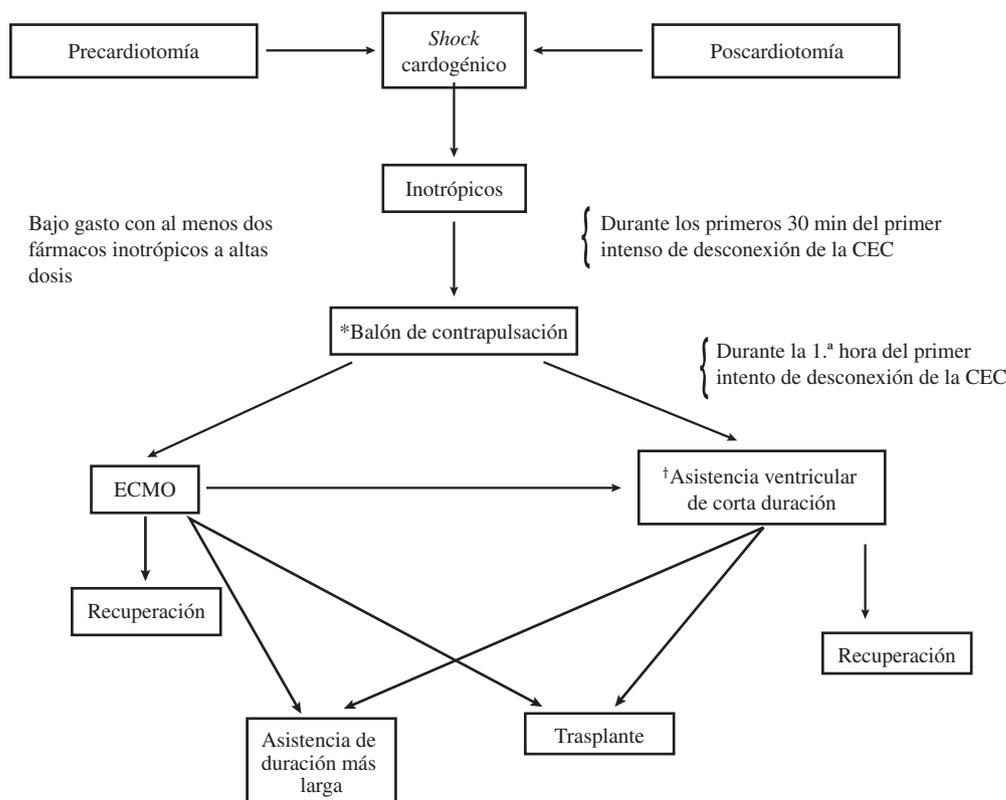
PEP: presión de enclavamiento pulmonar; PVC: presión venosa central; VD: ventrículo derecho; VI: ventrículo izquierdo.

que incluyen la activación de los sistemas simpático y del eje renina-angiotensina, que producirán vasoconstricción, taquicardia y retención de líquidos. Estos mecanismos defensivos desembocarán en un empeoramiento tanto de la isquemia como de la función miocárdica, y, por lo tanto, en un empeoramiento del cuadro.

MANEJO DEL PACIENTE CON *SHOCK* CARDIOGÉNICO

Los aspectos más importantes en el cuidado inicial del paciente con *shock* cardiogénico son, por una parte, el reconocimiento precoz del cuadro así como la pronta identificación de su causa. Por supuesto, una historia completa, un riguroso examen físico, una radiografía de tórax, así como la realización, lo más pronto posible, de una ecocardiografía transesofágica que permita identificar la etiología y evaluar la función ventricular (anomalías regionales de la motilidad ventricular y/o anomalías valvulares) son imprescindibles para un adecuado manejo del paciente.

El objetivo inicial del tratamiento médico se dirige al mantenimiento de una presión arterial adecuada para la perfusión hística. Son fundamentales para un adecuado manejo la utilización de un catéter intraarterial, la medición de presiones en arteria pulmonar, de llenado derecho e izquierdo, así como del gasto cardíaco (Tabla II)⁵. En pacientes con *shock* cardiogénico refractario al tratamiento médico, se puede considerar el implante de dispositivos mecánicos que restauren de forma rápida la circulación y estabilicen la hemodinamia del paciente (Fig. 1).



*El implante del BIACP es opcional si se piensa directamente en una asistencia ventricular.
 †La mayoría de los casos comienzan con fracaso de VI y pueden ser manejados con asistencia izquierda sola. Si se retrasa la colocación es más frecuente que se necesite una asistencia biventricular.

Figura 1. Algoritmo de implante de asistencia ventricular en el shock cardiogénico.

ASISTENCIAS VENTRICULARES DE CORTA DURACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE FALLO CARDÍACO AGUDO

Los dispositivos utilizados para este fin deben reunir algunas características importantes tales como generar flujos de 5-6 l/min, descargar el ventrículo de forma adecuada, provocar daños mínimos de los elementos sanguíneos y del miocardio, no producir fenómenos tromboembólicos, mantener su funcionamiento de forma adecuada al menos durante 7 días, así como ser fiables, de bajo coste y fáciles de montar y manejar. En la tabla III se reflejan algunas de las consideraciones importantes a tener en cuenta antes de indicar la colocación de un dispositivo de asistencia ventricular.

SELECCIÓN DE PACIENTES

De una buena selección de los pacientes va a depender en gran medida la obtención de un resultado óptimo.

Esta selección debe ser rápida y no necesitar de procedimientos diagnósticos cruentos. Es imprescindible tener en cuenta una correcta evaluación del grado de disfunción orgánica, evaluar con acierto la posibilidad de su

TABLA III. CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA ANTE EL IMPLANTE

- Cardíacas:
- Si es o no candidato a trasplante
 - Estado de la función ventricular derecha
 - Existencia de enfermedad coronaria revascularizable
 - Presencia de enfermedad valvular
 - Presencia de cortocircuitos intracardíacos
 - Arritmias malignas
- No cardíacas:
- Situación neurológica y psiquiátrica
 - Infecciones concomitantes
 - Función hepática
 - Función renal
 - Enfermedad pulmonar
- Técnicas:
- Superficie corporal < 1,5 m²
 - Prótesis valvulares
 - Presencia de trombos en VI

recuperación y valorar cuidadosamente el riesgo de su implantación. Los candidatos potenciales a recibir asistencia mecánica circulatoria de corta duración se pueden agrupar en:

- Pacientes en *shock* cardiogénico, con fallo ventricular grave: como soporte temporal hasta la recuperación o hasta la revascularización. Secundario a IAM extenso. Complicaciones mecánicas del infarto: insuficiencia mitral grave, comunicación interventricular postinfarto. Miocarditis aguda. Enfermedad valvular aguda. Insuficiencia cardíaca crónica con deterioro hemodinámico. Inestabilidad hemodinámica secundaria a arritmias ventriculares refractarias (tormenta eléctrica, taquicardia ventricular incesante). Depresión miocárdica secundaria a sobredosis de fármacos. Depresión miocárdica secundaria a hipotermia. Intervencionismo coronario percutáneo del tronco de la coronaria izquierda o equivalente. Cierre percutáneo de defectos ventriculares septales secundarios a IAM. Revascularización quirúrgica en pacientes de alto riesgo. Tromboembolia pulmonar grave. Miocardiopatía periparto.
- Pacientes sometidos a cirugía cardíaca y que no pueden ser separados de circulación extracorpórea (CEC) a pesar de una correcta corrección quirúrgica, adecuado soporte inotrópico y la ayuda de un balón intraaórtico de contrapulsación (BIACP).
- Terapia puente en pacientes con *shock* cardiogénico antes de una asistencia de más larga duración o hacia el trasplante. Puente a una asistencia permanente. Puente a una asistencia de mayor duración (*bridge to bridge*). Pacientes en lista de espera de trasplante con descompensación aguda y puente a una asistencia de más larga duración antes del trasplante.

TIPOS DE ASISTENCIA

La selección del dispositivo depende no sólo de la situación del paciente o de la indicación de la asistencia, sino también de las características de la misma, de su disponibilidad y de la experiencia del equipo quirúrgico.

Se utilizarán asistencias de corta duración (horas/días), rápidas y fáciles de implantar con mínima agresión, a la espera de una recuperación rápida o como puente a la implantación de asistencias más prolongadas. Podemos dividir las en cinco tipos:

- Balón intraaórtico de contrapulsación.
- Bombas catéter.
- Bombas centrífugas.

- Bombas centrífugas con levitación magnética.
- Bombas pulsátiles.

Balón intraaórtico de contrapulsación

Su mecanismo de acción se basa fundamentalmente en el descenso de la poscarga del VI con la consiguiente reducción del trabajo cardíaco y del consumo de oxígeno, así como el incremento en la presión aórtica diastólica, lo que va a mejorar la perfusión coronaria y la perfusión periférica.

Oxigenación de membrana extracorpórea

Es el procedimiento de primera elección para soportar neonatos, pacientes pediátricos y pacientes jóvenes recuperables. En estos grupos de pacientes, muchos autores prefieren hacer un rescate inicial empleando oxigenación de membrana extracorpórea (ECMO), mientras hacen una correcta evaluación, ya que parecen tener la misma supervivencia que otros dispositivos de asistencia ventricular. Si estos pacientes mejoran su hemodinámica, la función de sus órganos y son aptos para trasplante cardíaco, serán soportados con otro dispositivo como puente al trasplante. ECMO permite soporte circulatorio y respiratorio al mismo tiempo y muchos de los sistemas de corta duración pueden emplearse como ECMO si se introduce un oxigenador de membrana en el sistema.

La técnica consiste en canular al paciente a nivel venoarterial, ya sea central (aurícula derecha y aorta descendente) o periférico (vena femoral común y arteria femoral) o venovenoso. Se conecta a una bomba de flujo continuo y se intercala un oxigenador. Es necesaria anticoagulación suficiente para mantener un tiempo de coagulación activado (ACT) de 180-220 s.

Bombas catéter

TandemHeart^{®6}

(*Cardiac Assist Inc, Pittsburgh, PA, USA*)

Consiste en una bomba centrífuga de baja velocidad y flujo continuo con una menor superficie de contacto con la sangre, por lo que se disminuye la incidencia de trombosis y hemólisis. Necesita un acceso venoso femoral, por el cual se introduce un catéter de 21 F que se coloca a través de un abordaje transeptal en la aurícula izquierda. La sangre retorna a la arteria ilíaca con una canulación femoral mediante una cánula que se coloca mediante técnica de Seldinger en arteria femoral y que tiene un calibre 15-17 F. La bomba centrífuga puede proporcionar un flujo de más de 4 l/min. Las complicaciones derivadas del sistema son escasas, la punción transeptal parece que no deja cortocircuitos importantes tras la retirada.

Impella® (Abiomed Inc, Danver, MA, USA)⁷⁻⁹

Catéter de fácil implantación que puede usarse como asistencia derecha o izquierda. Existen dos tipos de dispositivos, uno de los cuales puede utilizarse por vía percutánea (aporte máximo de 2,5 l/min). Consiste en un catéter conectado a una bomba de flujo microaxial con un diámetro de 6,4 mm en el cuerpo de la bomba, que se coloca de forma retrógrada en el VI a través de la válvula aórtica. Dentro del aparato va instalado un motor eléctrico por el que fluye continuamente una solución de heparina, por lo que los pacientes no precisan de anticoagulación. El catéter se introduce por la arteria femoral hasta el VI, donde extrae la sangre y lo inyecta en la aorta. También puede utilizarse como asistencia derecha, en cuyo caso empuja la sangre de la aurícula derecha y lo inyecta en la arteria pulmonar. Su coste es bajo, puede realizar un soporte total y es francamente simple. Como limitaciones presenta un periodo de soporte inferior a 7 días, hemólisis, necesidad de anticoagulación y un implante y explante quirúrgicos en caso de asistencia derecha.

Existen dos tipos de dispositivos disponibles:

- Impella Recover LP 2.5. Es un catéter de 12 F que puede colocarse por vía percutánea. El flujo máximo que puede aportar es de 2,5 l/min).
- Impella Recover LP 5. Para su inserción es conveniente la disección de la arteria femoral.

Orquis Medical Cancion® CRS (Orquis Medical, Lake Forest, CA, USA)

Es una nueva asistencia que consta de un circuito percutáneo de bajo flujo que puede aportar alrededor de 1,5 l/min. Útil en pacientes poscardiotomía, aunque no aporta grandes flujos. Recientemente han sido publicados los resultados del estudio Momentum, en el que se incluyeron pacientes con *shock* cardiogénico que no respondieron a tratamiento inotrópico adecuado. El estudio se interrumpió cuando se llevaban reclutados 168 pacientes debido al aumento del riesgo de hemorragias sin evidencia clínica de beneficios. Aunque desde el punto de vista hemodinámico se observaron beneficios significativos, la mortalidad fue del 35% en el grupo que recibió la asistencia, y similar en el grupo que no la recibió¹⁰.

Bombas centrífugas**Biomedicus (Medtronic, Eden Prairie, MN)¹¹**

Su principal ventaja es la disponibilidad en casi todos los centros. Consiste en una bomba centrífuga que puede ser utilizada para derivación femorofemoral, CEC, asistencia uni o biventricular o ECMO. Es relativamente

barata comparado con otras asistencias. Su colocación es relativamente fácil, pudiéndose realizar por vía percutánea o mediante disección de vena y arteria femorales, si bien en ocasiones se realiza directamente a través de esternotomía media. Los pacientes deben ser anticoagulados, manteniendo un tiempo de coagulación activado (TCA) entre 150-200 s. Las complicaciones de este tipo de asistencia son frecuentes, y dependen directamente del tiempo de utilización^{12,13}, habiéndose publicado cifras de supervivencia entre un 15% en casos de resucitación tras parada cardíaca, y hasta un 45% en caso de *shock* cardiogénico^{12,14}.

Jostra-Maquet Rotaflow® (Maquet Cardiopulmonary AG, Hirrlingen, Germany)

Se utiliza generalmente conectado a un ECMO. La canulación puede realizarse por vía percutánea mediante cánulas femorales arterial y venosa¹⁵. Los estudios realizados parecen sugerir que esta asistencia produce menos hemólisis que la Biomedicus.

Bombas centrífugas con levitación magnética**Centrimag-Levitronix®^{16,17} (Levitronix LLC, Waltham, MA, USA)**

Es una bomba centrífuga cuyo rotor, sustentado magnéticamente, es la única pieza móvil. Su implantación puede realizarse por vía percutánea: arteria - vena femoral con interposición de un ECMO o aurícula izquierda - aorta en asistencias izquierdas, aurícula derecha - arteria pulmonar en asistencias derechas, o ambas. La incidencia de tromboembolia es baja, así como la hemólisis, su manejo fácil y fácilmente transportable. El soporte está aprobado para al menos 14 días. Puede proporcionar hasta 10 l/min de flujo. Tiene la acreditación CE, pero está pendiente de la FDA. Necesita anticoagulación manteniendo un TCA entre 180-200.

Bombas pulsátiles**Medos DeltaStream® DPI (MEDOS AG, Stolberg, Germany)**

Utilizado básicamente en niños como asistencia ventricular o como ECMO. Se trata de un dispositivo que puede utilizarse como bomba de flujo continuo o pulsátil. La frecuencia de pulso puede ajustarse de cinco en cinco entre 40-90 latidos por minuto. Puede administrar hasta un flujo de 8 l/min. Son pocos los estudios de los que se dispone; se han utilizado con oxigenador y todos ellos en niños¹⁸, muy pocos en *shock* cardiogénico inicial debido a miocarditis. Los defensores de las bombas

pulsátiles se basan en que este tipo de asistencia disminuye las resistencias periféricas, atenúa la respuesta catecolaminérgica, mejora la perfusión esplácnica, el flujo cardíaco y, como consecuencia de todo ello, los resultados clínicos.

iVac 3L™ (PulseCath BV, Amsterdam, The Netherlands)^{19,20}

Constituye un tipo de asistencia mecánica con cierto efecto de contrapulsación. Proporciona entre 2-3 l/min, su acción es similar al balón intraaórtico con aspiración durante la sístole y eyección durante la diástole. La principal diferencia es que *iVac 3L™* de PulseCath aspira directamente el corazón desde el VI, disminuyendo la demanda de oxígeno. Es un dispositivo reciente, por lo que son pocos los casos en los que se ha utilizado. Consiste en un catéter de 21 F que se introduce hasta el VI y por el que la sangre puede fluir en dos direcciones hasta una bomba o reservorio que se activa mediante una consola de BIACP. La bomba posee una cámara donde la sangre se acumula durante la aspiración y que se vacía durante la eyección hacia la aorta, no hacia el ventrículo para prevenir la sobrecarga al ventrículo.

SEGUIMIENTO DEL IMPLANTE DE CORTA DURACIÓN

Una vez que ha sido instaurada la asistencia, se ha alcanzado el soporte circulatorio óptimo y el paciente está estabilizado, se tratará de reducir o incluso retirar los fármacos vasoactivos para disminuir el consumo miocárdico de oxígeno. El paciente será sometido a una evaluación periódica (cada 24-48 h) para evaluar la recuperación tanto de su corazón como del resto de los órganos dañados.

Los pacientes que se encuentran bajo soporte de asistencia ventricular pueden evolucionar de diferentes formas:

- Recuperación de la función ventricular (1-2% de los casos)²¹. El soporte debe mantenerse hasta que el paciente recupere la función ventricular, la cual se evaluará cada 24-48 h mediante ecocardiograma transesofágico. Si consideramos que se ha recuperado, debemos asegurarnos que podrá mantener esa función antes de retirar el dispositivo²². Para ello:
 - Se irá disminuyendo gradualmente el flujo alrededor de un 25% cada 6 h, monitorizando el gasto cardíaco las presiones de llenado y la tensión arterial, aumentando el soporte inotrópico si fuera necesario.

- Una vez alcanzado un flujo de soporte de 1 l/min, si el paciente se mantiene estable, se podrá retirar el sistema de asistencia.
- Utilizados como puente para tomar una decisión terapéutica (*bridge to bridge*): para colocación de otra asistencia de mayor duración como puente al trasplante. No todos los autores están a favor de este concepto. Algunos prefieren utilizar dispositivos ECMO en las primeras horas mientras se plantean la colocación de otros dispositivos de asistencia ventricular de mayor duración. No obstante, el uso de asistencias de implantación fácil y rápida, aunque de corta duración, pueden permitir evaluar al paciente más serenamente sin emplear recursos en ocasiones excesivos y pensar en otra alternativa terapéutica (evaluar la evolución del tratamiento convencional, hacer hemofiltración, resincronización o cirugía), hacer un puente para recuperar la hemodinámica, esperar que aparezca un donante o plantear una asistencia mecánica crónica como tratamiento definitivo.
- Puente al trasplante. La asistencia circulatoria mecánica permite en muchos casos que los pacientes con *shock* cardiogénico de cualquier etiología puedan sobrevivir, manteniendo un aceptable funcionamiento del resto de sus órganos mientras aparece un donante compatible. Los pacientes que no manifiesten ninguna malignidad, infección o defecto neurológico graves se incluirán en programa de trasplantes por si no aparecieran signos de recuperación cardíaca. En este subgrupo, se planteará el paso a una asistencia ventricular crónica en caso de no disponer de un órgano precozmente.

CONCLUSIONES

El uso de soporte mecánico en el *shock* cardiogénico ofrece una sustancial mejora en la supervivencia de pacientes con fallo cardíaco o *shock* cardiogénico refractarios al tratamiento convencional, permitiendo en un mayor número de pacientes la recuperación del miocardio, el trasplante o la colocación de una terapia de destino. El proceso de evaluación y selección de pacientes es el factor que influye en mayor medida en los resultados. Por lo tanto, la identificación de los pacientes candidatos antes del comienzo de una disfunción multiorgánica significativa mejora la supervivencia y disminuye la morbilidad. Sin embargo, la presencia de fallo multiorgánico no excluye por completo a estos pacientes, ya que la opción de una asistencia ventricular de

corta duración debe ser ofrecida a todos aquellos enfermos en los que pensemos que existe una posibilidad real de recuperación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Reynolds HR, Hochman JS. Cardiogenic shock: current concepts and improving outcomes. *Circulation*. 2008;117:686-97.
2. Giannuzzi P, Imbarato A, Temporelli PL, et al. Doppler-derived mitral deceleration time of early filling as a strong predictor of pulmonary capillary wedge pressure in postinfarction patients with left ventricular systolic dysfunction. *J Am Coll Cardiol*. 1994;23:1630-7.
3. Fox KA, Anderson FA Jr, Dabbous OH, et al. Intervention in acute coronary syndromes: do patients undergo intervention on the basis of their risk characteristics? The Global Registry of Acute Coronary Events (GRACE). *Heart*. 2007;93:177-82. Epub 2006 Jun 6.
4. Hasdai D, Harrington RA, Hochman JS, et al. Platelet glycoprotein IIb/IIIa blockade and outcome of cardiogenic shock complicating acute coronary syndromes without persistent ST-segment elevation. *J Am Coll Cardiol*. 2000;36:685-92.
5. Topalian S, Ginsberg F, Parrillo JE. Cardiogenic shock. *Crit Care Med*. 2008;36 Suppl 1:66-74.
6. Thiele H, Lauer B, Hambrecht R, Boudriot E, Cohen HA, Schuler G. Reversal of cardiogenic shock by percutaneous left atrial-to-femoral arterial bypass assistance. *Circulation*. 2001;104:2917-22.
7. Arieti M, Pesarini G, Ribichini F. Percutaneous Impella Recover circulatory support in high-risk coronary angioplasty. *Cardiovasc Revasc Med*. 2008;9:269-74.
8. Vecchio S, Chechi T, Giuliani G, et al. Use of Impella Recover 2.5 left ventricular assist device in patients with cardiogenic shock or undergoing high-risk percutaneous coronary intervention procedures: experience of a high-volume center. *Minerva Cardioangiol*. 2008;56:391-9.
9. Rossiter-Thornton M, Arun V, Forrest AP, Bayfield MS, Wilson MK. Left ventricular support with the Impella LP 5.0 for cardiogenic shock following cardiac surgery. *Heart Lung Circ*. 2008;17:243-5. Epub 2008 Apr 23.
10. Cleland JG, Coletta AP, Yassin A, et al. Clinical trials update from the American College of Cardiology 2008: Carisma, Trends, meta-analysis of Cox-2 studies, Hat, On-Target, Hyvet, Accomplish, Momentum, Protect, Horizon-HF and Reverse. *Eur J Heart Fail*. 2008;10:614-20. Epub 2008 May 27.
11. Noon GP, Lafuente JA, Irwin S. Acute and temporary ventricular support with BioMedicus centrifugal pump. *Ann Thorac Surg*. 1999;68:650-4.
12. Hill JG, Bruhn PS, Cohen SE, et al. Emergent applications of cardiopulmonary support: a multiinstitutional experience. *Ann Thorac Surg*. 1992;54:699-704.
13. Fujimoto K, Kawahito K, Yamaguchi A, et al. Percutaneous extracorporeal life support for treatment of fatal mechanical complications associated with acute myocardial infarction. *Artif Organs*. 2001;25:1000-3.
14. Noon GP. Bio-medicus ventricular assistance. *Ann Thorac Surg*. 1991;52:180-1.
15. Massetti M, Tasle M, Le Page O, et al. Back from irreversibility: extracorporeal life support for prolonged cardiac arrest. *Ann Thorac Surg*. 2005;79:178-83; discussion 183-4.
16. De Robertis F, Birks EJ, Rogers P, Dreyfus G, Pepper JR, Khaghani A. Clinical performance with the Levitronix Centrimag short-term ventricular assist device. *J Heart Lung Transplant*. 2006;25:181-6. Epub 2006 Jan 6.
17. Saeed D, Kizner L, Arusoglu L, et al. Prolonged transcatheter cardiopulmonary support for postcardiotomy cardiogenic shock. *ASAIO J*. 2007;53:1-3.
18. Lanfranconi M, Russo C, Ribera E, et al. Left monoventricular assistance with DeBakey VAD continuous flow pump: initial clinical Italian experience. *Ital Heart J Suppl*. 2001;2:653-8.
19. Mariani MA, Diephuis JC, Kuipers MJ, Gianoli M, Grandjean JG. Off-pump coronary artery bypass graft surgery with a pulsatile catheter pump for left ventricular dysfunction. *Ann Thorac Surg*. 2007;84:690-2.
20. Li Z, Gu YJ, Ye Q, et al. Hemodynamic support with the pulsatile catheter pump in a sheep model of acute heart failure. *Artif Organs*. 2006;30:881-8.
21. Mugianesi O. Asistencia circulatoria mecánica. Parte I. Insuficiencia Cardíaca. 2007;2:76-88.
22. Klodell CT, Staples ED, Aranda JM Jr, et al. Managing the post-left ventricular assist device patient. *Congest Heart Fail*. 2006;12:41-5.