

REVISIÓN

DISPOSITIVOS TEMPORALES DE ASISTENCIA CIRCULATORIA MECÁNICA

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, los avances médicos en el tratamiento de la enfermedad coronaria, arritmias y cardiopatías congénitas dieron como resultado un mayor número de pacientes que sobreviven con diversos estadios de insuficiencia cardíaca. Aunque el tratamiento médico ha reducido significativamente la mortalidad por insuficiencia cardíaca, muchos pacientes evolucionan a estadios avanzados y, eventualmente, desarrollarán shock cardiogénico. Los dispositivos temporales de asistencia circulatoria mecánica (DTACM) proveen soporte circulatorio en pacientes que desarrollan shock cardiogénico o en pacientes que requieren intervenciones cardiovasculares de alto riesgo como las revascularizaciones coronarias complejas o ablaciones cardíacas.

Los DTACM tienen como propósito apoyar o sustituir la función cardíaca para restaurar la circulación a los órganos y, por ende, la perfusión tisular durante un período menor a 30 días¹. Se utilizan en pacientes con colapso circulatorio, síndrome poscardiotomía, o en terapia de puente a trasplante¹. Los DTACM permiten estabilizar hemodinámicamente a los pacientes con colapso circulatorio y facilitan la recuperación de los cuadros reversibles (ej: miocardiopatía viral aguda) o actúa como puente a un trasplante cardíaco o al implante de un sistema de asistencia circulatoria permanente².

AUTORES:

BROZZI NA[^],
FRANCO C, SABA IC[^],
PATRICELLI T[^],
CIFUENTES R,
GHODZISAD A[^],
BADIYE A[^],
VIANNA R[^],
LOEBE M[^].

[^] DEPARTAMENTO DE CIRUGÍA,
DIVISIÓN DE TRASPLANTE
TORÁCICO Y ASISTENCIA
CIRCULATORIA MECÁNICA DE
LA UNIVERSIDAD DE MIAMI,
ESTADOS UNIDOS.

Mail: nxb470@med.miami.edu

La disponibilidad de esta tecnología se ha incrementado en los últimos años permitiendo una mayor aplicación clínica en pacientes con shock cardiogénico^{1,3}. Como existen diferentes tipos de dispositivos temporales de implante por vía quirúrgica o percutánea, el propósito de esta revisión es describir indicadores actuales y resultados de los DTACM más comunes disponibles en el mercado, incluyendo el balón de contrapulsación aórtica, Impella®, CentriMag®, TandemHeart® y oxigenador de membrana extracorpórea (ECMO).

BALÓN DE CONTRAPULSACIÓN AÓRTICA

El balón de contrapulsación aórtica (BCPA) es el DTACM más antiguo, descrito por Kantrowitz en 1968, se ha aplicado en miles de pacientes y continúa siendo el más ampliamente disponible en la mayoría de los hospitales.

Consiste en un balón alargado montado sobre un catéter que se infla intermitentemente con helio. Se implanta por acceso arterial percutáneo, en la arteria femoral o axilar, y su posición en la aorta torácica descendente puede ser confirmada por radiografía o ecografía (figura 1A). Los ciclos de insuflación del BCPA se coordinan con el ciclo cardíaco del paciente mediante EKG o por presión de pulso arterial sanguíneo a través de un sensor en la punta del catéter del BCPA.

El BCPA se insufla en el ciclo diastólico, incrementando la presión de perfusión tisular, como así también la presión de la raíz aórtica, y mejorando la perfusión coronaria. Al desinflarse durante el ciclo sistólico, el BCPA permite disminuir la poscarga y facilitar la eyección miocárdica. El BCPA provee una mejoría modesta del gasto cardíaco, disminuye la presión de fin de diástole y el estrés parietal del ventrículo izquierdo y la poscarga ventricular, mejorando la perfusión coronaria y la presión arterial sistémica.

El acceso femoral se utiliza con mayor frecuencia, pero tiene la desventaja de que el paciente debe permanecer en cama con la cadera en extensión para evitar doblar el catéter en el sitio de inserción inguinal. El acceso axilar tiene la ventaja de que permite la movilización del paciente, pero requiere su colocación bajo fluoroscopia. El implante axilar es particularmente útil en aquellos pacientes para los que se anticipa un soporte más prolongado, como los que se encuentran esperando un trasplante cardíaco.

Tabla 1. DTACM: ventajas y desventajas

Dispositivo	Ventajas	Desventajas
Impella®	Inserción periférica, rango de asistencia 2-5L/min, descompresión ventricular y mínimo apoyo especializado una vez insertado.	Monitoreo imagenológico (ecocardiograma / fluoroscopia) durante inserción, anticoagulación obligatoria, falta de asistencia pulmonar, inmovilización del paciente, costo elevado y complicaciones. La asistencia biventricular requiere 2 dispositivos.
TandemHeart®	Inserción periférica, asistencia de 2-4L/min, opción de asistencia ventilatoria adicional, asistencia por tiempo intermedio (semanas).	Monitoreo imagenológico durante inserción y personal capacitado para realizar punción transeptal, inmovilización femoral, inmovilización del paciente. Costo elevado. La asistencia biventricular requiere 2 dispositivos.
CentriMag®	Asistencia de 2-10L/min, descompresión ventricular, opción de soporte ventilatoria, asistencia prolongada hasta meses.	Inserción y remoción central quirúrgica. Asistencia biventricular requiere 2 dispositivos.
ECMO	Asistencia 2-10L/min, un dispositivo para asistencia biventricular, asistencia pulmonar. Gran versatilidad, apto para inserción central o periférica. Menor costo.	Descompresión ventricular izquierda modesta. Inmovilización. Requiere monitoreo por perfusionista o enfermería especializada.

IMPELLA®

El diseño de este dispositivo se inició en el año 1975, sin embargo, no fue utilizado en humanos hasta 1990 y después de varias modificaciones del prototipo inicial, estuvo disponible para uso clínico en el 2003. El Impella® es una bomba microaxial transvalvular cuya presentación existe de diferentes tipos: Impella 2.5®, que genera un incremento en el gasto cardíaco de 2.5 L/min; Impella CP®, que aumenta de Septiembre, octubre, noviembre y diciembre 2018

3.5-4L/min el gasto cardíaco y el Impella 5°, que proporciona un flujo máximo de 5L/min^{3,6}. El dispositivo de menor asistencia ventricular generalmente se utiliza como apoyo en intervenciones coronarias percutáneas de alto riesgo y para drenar el ventrículo izquierdo en pacientes en ECMO que presenten muy escasa contractilidad, mientras que las versiones CP y 5 se emplean en pacientes con shock cardiogénico porque proveen mayor soporte hemodinámico³.

La estructura consta de un control externo y un catéter de 9-11 french que soporta el dispositivo en la punta³. Las versiones Impella 2.5° e Impella CP° miden 12 y 14 french respectivamente, lo que facilita su inserción percutánea, mientras que el Impella 5° de 22 french requiere implante quirúrgico en la arteria femoral o axilar⁷. El Impella° se introduce al torrente sanguíneo arterial y atraviesa de forma retrógrada la válvula aórtica, de forma que la porción interna de la cánula se ubique en el ventrículo izquierdo y la porción externa en la aorta ascendente³ (figura 1B). Al succionar la sangre del ventrículo izquierdo con la turbina microaxial y eyectarla a través de la aorta, el Impella° incrementa la perfusión coronaria y el gasto cardíaco, a la vez que reduce el consumo de oxígeno miocárdico al disminuir la tensión de la pared ventricular⁷.

El uso de Impella° está contraindicado en pacientes con trombos ventriculares, estenosis aórtica moderada a severa, insuficiencia aórtica moderada a severa, válvula aórtica mecánica, accidente cerebrovascular o ataque isquémico transitorio y en pacientes con contraindicaciones a anticoagulación¹. Las complicaciones principales que se han descrito con el uso de este dispositivo son: hemólisis, migración de la bomba, injuria en la válvula aórtica, taponamiento por perforación del ventrículo izquierdo, arritmia ventricular, y complicaciones vasculares en el sitio de inserción arterial (tabla 2)^{1,3}.

Diversos estudios han evaluado la mortalidad y las complicaciones del Impella° como dispositivo de asistencia ventricular temporal (tabla 1). El estudio Impella-EUROSHOCK, en el que 120 pacientes fueron tratados con Impella 2.5°, presentó una mortalidad a 30 días del 64,2% y sucedieron eventos adversos severos cardíacos y cerebrovasculares en el 15% de la cohorte⁸. El estudio concluyó que el Impella 2.5° en pacientes con shock cardiogénico presenta una mortalidad alta por lo que no se

debe utilizar como única ayuda de asistencia ventricular en este escenario⁸. Sin embargo, al utilizar el Impella 2.5[®] junto con el Impella 5.0[®] en 47 pacientes con shock cardiogénico agudo, Lemaire et al. encontraron que la mortalidad a 30 días fue del 25% y el 72% de los pacientes recuperaron función ventricular y se les retiró el dispositivo a pesar de que el 30% de la cohorte presentó eventos adversos (mal funcionamiento del dispositivo, hematomas inguinales y fractura en el catéter)⁹.

Al utilizar Impella CP[®] en 61 pacientes con shock cardiogénico de los cuales el 61% había recibido reanimación cardiopulmonar previo a la inserción del dispositivo, se encontró que la mortalidad a 30 días fue del 48%, siendo mayor en los pacientes que habían recibido maniobras de reanimación previamente (65% versus 21%)¹⁰. En un estudio similar, Jensen et al. evaluaron a 109 pacientes con shock cardiogénico tratados con Impella CP[®], 5[®] y RP, de estos 26 pacientes (28%) fallecieron durante el tratamiento, 5 pacientes presentaron isquemia en extremidad inferior que requirió intervención y 14 pacientes presentaron sangrado en el lugar de inserción del dispositivo⁴. El estudio concluye que para la severidad de los pacientes, el número de complicaciones y mortalidad es aceptable⁴.

En cuanto al uso de Impella 5.0[®], en el estudio RECOVER I, 16 pacientes que presentaban shock cardiogénico luego de bypass cardiopulmonar fueron tratados con Impella 5.0[®]⁵. La supervivencia a 30 días fue del 92% de la cohorte, a 3 meses 81% y a un año 75%. Durante el estudio, 2 pacientes (13%) presentaron complicaciones cerebrovasculares y muerte⁵. Los autores describen que el Impella 5.0[®] es una opción adecuada para tratar síndrome poscardiotomía⁵. En términos prácticos, Impella[®] no es nuestra primera opción para pacientes poscardiotomía, ya que requiere instrumentación con catéteres guía y control imagenológico que hacen el procedimiento más complejo en quirófano, por lo que favorecemos el uso de ECMO central en estas circunstancias.

Tabla 2. Impella®: resultados clínicos

Autor	Fecha de publicación	N° Pac.	Modelo Impella®	Mortalidad	Eventos adversos
Lauten	2012	120	2.5	64.2% a 30 días	15% cardíacos y cerebrovasculares que requieren intervención.
Sieweke	2018	61	CP	Total: 48% a 30 días Grupo reanimación previa: 65% Sin reanimación previa: 21%	No informado en el estudio.
Lemaire	2014	47	2.5 (20%) 5.0 (80%)	25% a 30 días	30% hematoma, daño del tubo, o mal funcionamiento del dispositivo.
Jensen	2017	109	CP, 5.0 y RP	28% durante período de soporte	5% isquemia en extremidad inferior, 13% sangrado en el sitio de inserción.
Griffith	2013	16	5.0	6% (30 días) 19% (3 meses) 25% (1 año)	6,25% enfermedad cerebrovascular.

TANDEMHEART®

Presentado en el año 2005, el TandemHeart® fue el primer dispositivo de asistencia biventricular percutáneo disponible en el mercado³. Se trata de un dispositivo de flujo centrífugo continuo que genera asistencia circulatoria de hasta 5L/minuto^{3,11}. Una cánula de 21 french se inserta por vía percutánea en la vena femoral y se avanza hasta la aurícula derecha donde se realiza una punción transeptal hasta ubicarse en la aurícula izquierda¹¹ (figura 1 C). A continuación la sangre oxigenada es removida y luego bombeada a la aorta abdominal o a las arterias ilíacas por medio de una cánula de salida de 15-17 french insertada en la arteria femoral^{11,12}.

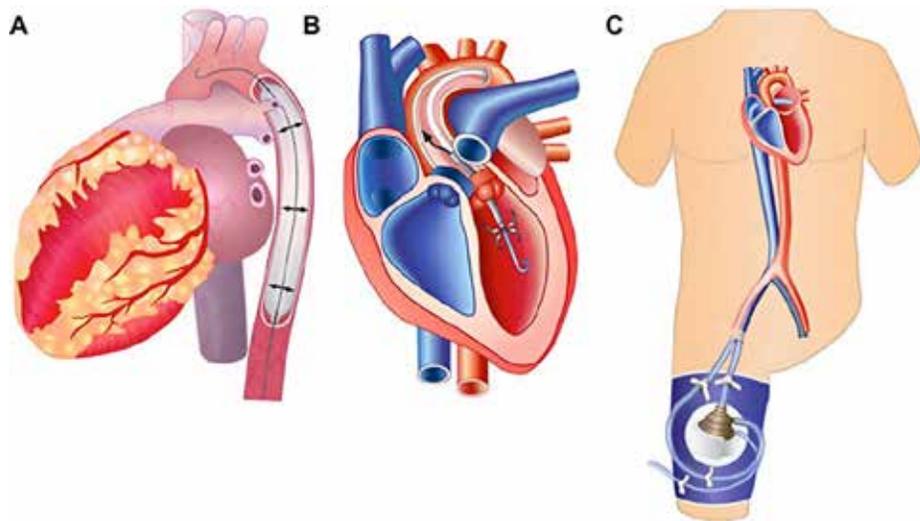


Figura 1.
DTACM de implante percutáneo. A. Balón de contrapulsación aórtica. B. Impella® posicionado a través de la válvula aórtica. C. TandemHeart®, con cánula de drenaje posicionada en la aurícula izquierda a través de punción transeptal.

A pesar de que el dispositivo también se puede utilizar para asistencia ventricular derecha, si se ubica la cánula de entrada en la aurícula derecha y la cánula de salida en la arteria pulmonar, esta indicación no está aprobada por la FDA (tabla 3.2)¹³⁻¹⁵.

Este dispositivo incrementa el gasto cardíaco y disminuye la carga ventricular izquierda generada por el volumen sanguíneo, como resultado disminuye la presión venosa central, la presión arterial pulmonar, la presión en cuña y el consumo de oxígeno¹¹. Tanto para Impella® como TandemHeart®, el desmonte del dispositivo se realiza de acuerdo a la respuesta hemodinámica al disminuir la velocidad de eyección y el soporte inotrópico³. Adicionalmente, el TandemHeart® también requiere anticoagulación para prevenir trombosis e isquemia¹¹. Contraindicaciones para el uso de este incluyen trombos intracardiácos, aterosclerosis periférica severa que impide el posicionamiento de la cánula y contraindicación a anticoagulación³. Las complicaciones principales del TandemHeart® son taponamiento cardíaco por perforación, tromboembolismo, embolismo aéreo durante la inserción, comunicación interatrial persistente y migración de la cánula¹.

En años recientes se han incrementado los estudios que evalúan el potencial del TandemHeart® en colapso cardiovascular³ (tabla 2). En un estudio de 117 pacientes con shock cardiogénico en el que el 47,9% de los pacientes

requirieron reanimación cardiopulmonar previo o durante la inserción del TandemHeart®, se evidenció una mortalidad a 30 días del 40,2%¹⁶. Además, incrementaron de forma significativa las variables hemodinámicas (el índice cardíaco, la presión arterial y saturación de oxígeno venosa) y disminuyeron los niveles de ácido láctico y creatinina¹⁶.

Burkhoff et al. describieron el caso de una cohorte de 42 pacientes con shock cardiogénico de etiología isquémica en el que en 19 de los pacientes se implantó TandemHeart® y en los 14 restantes, balón de contrapulsación intraaórtico¹⁷. En los resultados no hubo diferencias significativas en cuanto a la mortalidad a 30 días ni en la presentación de eventos adversos¹⁷. En un estudio similar, 41 pacientes también con shock cardiogénico de origen isquémico fueron aleatoriamente asignados a terapia con TandemHeart® (n=21) o balón de contrapulsación intraaórtica (n=20), aunque el TandemHeart® fue más efectivo para mejorar variables hemodinámicas, ambos grupos tuvieron una mortalidad a 30 días similar (mortalidad de 45% para IABP versus 43% para VAD)¹⁸. Adicionalmente, el TandemHeart® presentó mayor nivel de complicaciones como isquemia de extremidad inferior y sangrado¹⁸.

Tabla 3.
TandemHeart®:
resultados clínicos

Autor	Año de publicación	n	Dispositivo	Mortalidad 30 días	Comentarios adicionales
Kar	2011	117	TH	40%	Mejoría significativa en parámetros hemodinámicos.
Burkhoff	2006	42	TH vs IABP	64% (IABP) 53% (TH) Resultados no significativos.	Eventos adversos 71,4% (IABP) 94,7% (TandemHeart®). Resultados no significativos.
Thiele	2005	41	TH vs IABP	45% (IABP) vs 43% (TH) En pacientes post PCI 36% (IABP) vs 42% (TH)	

IABP/BCIA: balón de contrapulsación intraaórtico.
DIC/CID: coagulación intravascular diseminada.
TH: TandemHeart®.

CENTRIMAG®

El CentriMag® es una bomba centrífuga de flujo continuo compuesta por un cabezal rotatorio suspendido en un campo magnético³. La fricción del cabezal de la bomba es mínima lo que disminuye la generación de energía en forma de calor y disminuye la hemólisis y el consumo plaquetario^{1,3,7}. El dispositivo requiere canulación central y se puede utilizar para asistencia ventricular izquierda, derecha o biventricular y permite agregar un oxigenador en caso de requerir apoyo ventilatorio⁷ (figura 2). Para asistencia ventricular izquierda se inserta la cánula de entrada (28 french) en el ventrículo izquierdo y la cánula de salida, en la aorta (de 20-22Fr), la sangre es drenada del ventrículo a la bomba y consecuentemente devuelta a la circulación corporal por la aorta a un flujo de hasta 10L/min^{1,3}. En caso de requerir asistencia ventricular derecha, la cánula de entrada se inserta en la aurícula derecha y la de salida, en la arteria pulmonar¹.

El CentriMag® está contraindicado en pacientes que no pueden recibir anticoagulación o que presentan fragilidad extrema que comprometa la cirugía o el proceso de recuperación postquirúrgico^{1,3}. Los eventos adversos descritos incluyen complicaciones asociadas a migración de la cánula, succión por depleción de volumen, hemólisis y trombosis de la bomba¹.

Un metaanálisis de Borisenko et al. evaluó la aplicación de CentriMag® individual o asociado a ECMO (en el 25%) en 999 pacientes. La sobrevida a 30 días fue del 41% al 66% dependiendo de la indicación para soporte circulatorio¹⁹ (tabla 3). Los eventos adversos más frecuentes fueron sangrado que requirió exploración quirúrgica (28%), complicaciones renales (28%), infecciones (24%), trombosis (7%), complicaciones neurológicas (7%), hemólisis (3%) y daño en el dispositivo (0,08%)¹⁹.

La Universidad de Columbia informó su experiencia utilizando CentriMag® en 63 pacientes con shock cardiogénico, INTERMACS 1 (67%) y 2 (33%)²⁰. El 89% de los pacientes sobrevivieron al retiro del dispositivo, 74% fueron dados de alta y la supervivencia a un año fue del 68%. Complicaciones tromboembólicas, que incluyen enfermedad cerebrovascular, sucedieron en el 16% de los pacientes (tabla 4)²⁰.

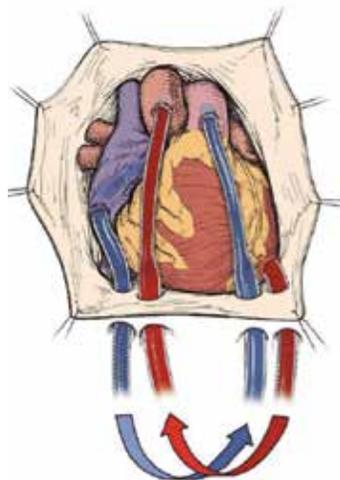


Figura 2: CentriMag® implantado por esternotomía mediana utilizado para asistencia biventricular. A. Paciente con soporte biventricular. B. Esquema de la inserción de cánulas para soporte ventricular derecho en la aurícula derecha y la arteria pulmonar (en azul) y para soporte ventricular izquierdo en el ápex cardíaco y la aorta ascendente (en rojo).

En Chile se utilizó CentriMag® en 28 pacientes en shock cardiogénico²¹. La supervivencia a 30 días de la implantación fue del 79%, con un tiempo promedio de soporte de 40 días (el mayor, de 292 días)²¹. Las complicaciones más frecuentes incluyeron sangrado que requirió exploración (36%), isquemia cerebral (14%), insuficiencia renal, que requirió hemodiálisis (29%)²¹.

Takayama y colaboradores evaluaron 143 pacientes que recibieron CentriMag® como terapia puente a decisión²². La supervivencia a 30 días fue del 69% y a un año, del 49%, 33% presentaron sangrado masivo y 14% enfermedad cerebrovascular²². En un caso similar, Zerriouh et al. realizaron un análisis retrospectivo sobre 66 pacientes que recibieron CentriMag® como terapia puente a decisión, la supervivencia total fue del 60% (40 pacientes), y de estos, 12 pacientes fueron destetados del dispositivo, 12 pacientes fueron trasplantados y 16 pacientes recibieron LVAD²³.

Ranjit y colaboradores informaron su experiencia con CentriMag® como soporte ventricular derecho (n=12), izquierdo (n=8) o biventricular (n=18) en 38 pacientes poscardiotomía, infarto miocárdico o con falla ventricular luego de implante de dispositivo de asistencia ventricular, la supervivencia general a 30 días fue del 47%²⁴. En los pacientes con apoyo biventricular la mortalidad a 15 días fue del 56%, mientras que en el grupo de soporte derecho fue del 58%²⁴. Los eventos adversos fueron sangrado (21%), infección (5%), falla respiratoria (3%) hemólisis (5) y disfunción neurológica (11%)²⁴.

Tabla 4. CentriMag®: resultados clínicos

Autor	Año publicado	n° Pac.	Dispositivo	Mortalidad	Eventos adversos
Borisenko	2014	999	CentriMag® y ECMO	Rango de todos los estudios 17-38% (durante el tratamiento) 34-59% (30 días)	Sangrado 28%, daño renal 28%, infecciones 24%, trombosis 7%, alteración neurológica 7%, hemólisis 3%.
Worku	2012	63	CentriMag®	11% (al retiro del dispositivo) 26% (al alta) 32% (1 año)	Eventos trombo-embólicos 16%.
Villavicencio	2017	28	CentriMag®	21% (30 días) 29% (durante el tratamiento)	Sangrado 36%, isquemia 14%, fallo renal y diálisis 29%.
Takayama	2014	143	CentriMag®	31% (30 días) 51% (1 año)	Sangrado 33% y enfermedad cerebrovascular 14%.
Zeriuoh	2016	66	CentriMag®	40% (mortalidad total)	No evaluado.
Ranjit	2011	83	CentriMag®	53% (30 días)	Sangrado 21%, infección 5%, falla respiratoria 3%, hemólisis 5% y 11% disfunción neurológica.

OXIGENADOR DE MEMBRANA EXTRACORPÓREA

Inicialmente, el ECMO se utilizaba durante cirugía cardiovascular. Con el tiempo, el personal médico identificó los beneficios del uso del ECMO por fuera del quirófano, en 1975 se informó el primer uso de ECMO en falla ventilatoria²⁵⁻²⁷. Se puede utilizar ECMO para brindar dos tipos de soporte, el soporte respiratorio aislado mediante ECMO veno-venoso y el soporte hemodinámico mediante ECMO veno-arterial (ECMO VA)²⁵⁻²⁷.

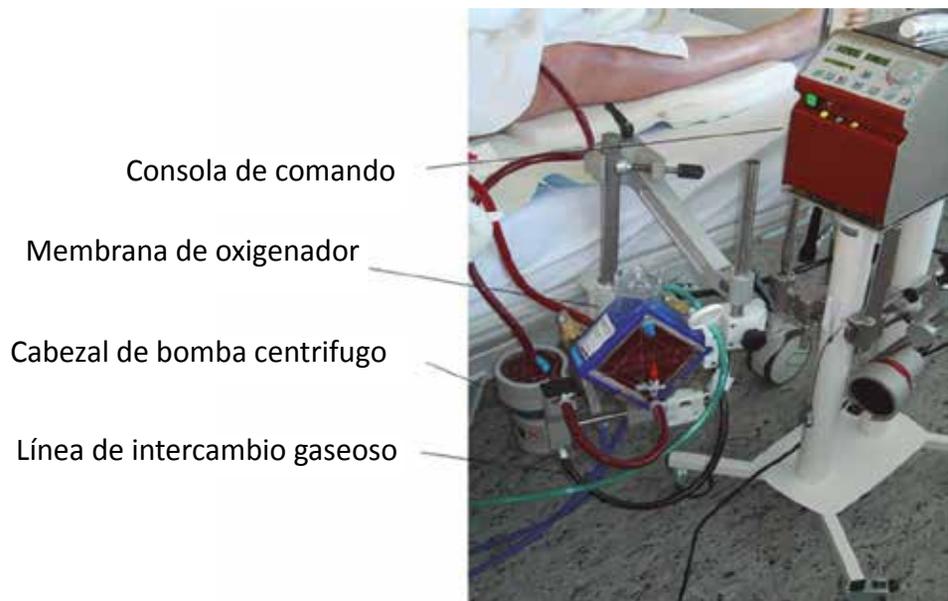


Figura 3:
Componentes del circuito de ECMO: consola de comando, membrana de intercambio de gases y bomba centrífuga.

Para fines comparativos con los otros dispositivos de asistencia circulatoria temporal, en este artículo nos referimos al use de ECMO VA.

El ECMO es un dispositivo de bomba flujo continuo y centrífugo que permite asistencia hemodinámica de 4-10L/minuto, además contiene una membrana de oxigenación que facilita el intercambio de dióxido de carbono y oxígeno^{1,3} (figura 3). El ECMO se puede insertar rápidamente de forma percutánea al lado de la cama del paciente, su velocidad de instauración lo hace el dispositivo de asistencia extracorpóreo preferido para emergencias^{4,7}. El ECMO funciona a través de una cánula (15 a 29 Fr) de ingreso que se inserta a través de la vena femoral y se avanza hacia la aurícula derecha, para drenar la sangre venosa por medio de la bomba de flujo centrífugo, esta circula por la membrana de oxigenación y regresa a la circulación corporal al ser impulsada a la aorta por medio de la cánula de retorno (15-21 Fr), la cual se encuentra en la arteria femoral o axilar¹¹. Es así como disminuye la precarga ventricular e incrementan la presión sistólica y diastólica contribuyendo a estabilizar hemodinámicamente a los pacientes²⁶. De acuerdo con la función de base del ventrículo izquierdo, el incremento en la poscarga con el uso de ECMO puede elevar las presiones de llenado²⁶. Para favorecer el vaciamiento ventricular se han ideado estrategias como agregar Impella®, balón de contra pulsación intraaórtica (B u otros dispositivos)²⁶. En algunos casos de función ventricular izquierda deficiente se requiere el uso de inotrópicos para mejorar la contractilidad

ventricular y disminuir el riesgo de trombosis, edema pulmonar y dilatación ventricular^{3,7}.

El dispositivo ECMO puede utilizarse con bajo nivel de anticoagulación, sin embargo, este debe ser suficiente para evitar la trombosis del oxigenador, pues esto incrementa el potencial tromboembólico del dispositivo³. Las contraindicaciones del uso de este dispositivo son similares a las de los demás dispositivos de asistencia ventricular; no es recomendado en insuficiencia aórtica severa y, en caso de enfermedad arterial periférica, se debe considerar canulación por vía central¹.

En cuanto a la literatura, Cheng et al. realizaron un metaanálisis donde 1866 pacientes con shock cardiogénico o paro cardíaco recibieron ECMO²⁸. En los 17 estudios, se informó un rango de supervivencia desde 2,8% hasta 65,4%. Las complicaciones de los estudios fueron: injuria renal aguda (IRA) (55,6% valor estimado entre todos los estudios), tratamiento de reemplazo renal (46%), toracotomía por sangrado o taponamiento en pacientes poscardiotomía (41,9%), sangrado mayor (40,8%), infección (30,4%), isquemia de extremidad inferior (16,9%), complicaciones neurológicas (13,3%), fasciotomía o síndrome compartimental (10,3%), enfermedad cerebrovascular (5,9%), amputación de extremidad inferior (4,7%)²⁸.

En una revisión literaria de 59 estudios donde los pacientes que presentaban shock cardiogénico de origen isquémico (n=3098) o paro cardiorrespiratorio (n=235) recibieron ECMO, el uso de asistencia ventricular estuvo asociado a un incremento del 13% en la supervivencia a 30 días²⁹. En los estudios que evaluaban específicamente pacientes con shock cardiogénico, la implantación de ECMO se asoció a un incremento de 33% en la supervivencia a 30 días en comparación con el uso de balón de contra pulsación intra-aórtico y no arrojó diferencias significativas al comparar ECMO con TandemHeart^{®29}.

El tratamiento con ECMO asociado a otros dispositivos de asistencia ventricular también ha sido evaluado recientemente³⁰. Se ha demostrado que el uso de Impella[®] asociado a ECMO posibilita el drenaje del ventrículo izquierdo, lo que disminuye la poscarga y mejora el perfil hemodinámico pulmonar facilitando un incremento en

el intercambio gaseoso³⁰. Idealmente la combinación de dispositivos debe hacerse de acuerdo con los requerimientos hemodinámicos del paciente y para evitar falla multiorgánica³¹. Sin embargo, hay poca literatura del tema a la fecha³². Patel et al. compararon la asistencia hemodinámica de ECMO versus ECPELLA (ECMO más Impella®) en 66 pacientes (ECMO n=36, ECPELLA n= 30) con shock cardiogénico refractario que recibieron ECMO. La mortalidad a 30 días fue menor en el grupo de ECPELLA (57% versus 78%)³³. Otro informe de la literatura evaluó los cambios hemodinámicos con el uso de Impella® asociado a ECMO por medio de la prueba “Impella Ramp Test” en 134 pacientes³⁴. Como resultado, el 20% se beneficiaron de implantación secundaria de Impella®³⁴. En conclusión, el uso de ambos dispositivos de forma simultánea puede darse de acuerdo con la condición clínica del paciente y los requerimientos hemodinámicos³². En este estudio no hubo diferencia significativa en cuanto a la mejoría hemodinámica y mortalidad en UCI y a los 6 meses del egreso³². En contraste, cuando Olutosin y colaboradores estudiaron 3 grupos de pacientes; uno con ECMO luego implantación de Impella®, otro con Impella® luego implantación de ECMO y el último solo con ECMO, la supervivencia a 30 días fue mayor cuando solo se utilizó el ECMO (42,9%, 46,7% y 49% respectivamente)³⁵.

Chamogeorgakis y colaboradores evaluaron Impella® o TandemHeart® versus ECMO en 79 pacientes con shock cardiogénico y no encontraron diferencias significativas en cuanto a la mortalidad intrahospitalaria ni el retiro exitoso del dispositivo³⁶.

Respecto de este dispositivo como asistencia ventricular poscardiotomía o durante intervenciones percutáneas, Rubino y colaboradores estudiaron la supervivencia de 101 pacientes en shock cardiogénico poscardiotomía³⁷. La supervivencia durante el período hospitalario fue de 33,7%³⁷. Van de Brink y colaboradores usaron ECMO durante intervenciones coronarias percutáneas de alto riesgo en 12 pacientes, la supervivencia al alta fue de 67% y a un año 42%³⁸. Adicionalmente, las complicaciones presentadas fueron alteraciones neurológicas (1 paciente), hemorragia en el sitio de canulación (2 pacientes), isquemia de extremidad inferior (2 pacientes) y hemorragia en otro sitio (1 paciente)³⁸.

En el ensayo clínico CHEER, a 26 pacientes con paro cardiorrespiratorio refractario se les administró 30 ml/kg de solución salina fría para inducir hipotermia terapéutica

(33 °C) mientras se implantaba el ECMO³⁹. Pacientes con sospecha de enfermedad coronaria isquémica eran trasladados al laboratorio de cateterización para realizar angiografía³⁹. La implantación del ECMO fue exitosa en el 92% de la cohorte, el 96% de los pacientes retornaron a circulación espontánea, el promedio de duración de la asistencia con ECMO fue de 2 días, la supervivencia a la hora del alta hospitalaria con recuperación completa de la función neurológica fue del 54% de los pacientes³⁹.

Con el propósito de prevenir isquemia en extremidades inferiores asociada a ECMO VA se recomienda uso de cánulas de perfusión distal⁴¹⁻⁴³ (figura 4). Al evaluar 132 pacientes con canulación ECMO VA, 14 de ellos con cánula de perfusión distal y el resto sin ella, el grupo en el cual se utilizó cánula desarrolló isquemia de extremidad inferior en el 14% contra 23% de aquellos pacientes que no recibieron cánula arterial de reperfusión distal⁴². En otro estudio con 151 pacientes con ECMO VA, el grupo donde se utilizó cánula distal presentó 0 eventos (0%) de isquemia en extremidades en contraste con 10 casos (6,7%) de isquemia significativa en extremidad inferior⁴³. Adicionalmente, en una revisión sistemática y metaanálisis por Juo y colaboradores, la reducción en incidencia de isquemia en pacientes con cánula de perfusión distal fue de 15,7% en comparación a aquellos en los que no se utilizó este método⁴¹.



Figura 4:
Canulación femoral derecha para soporte con ECMO veno-arterial. Se observa la cánula de reperfusión distal conectada a la línea arterial e insertada en la arteria femoral superficial.

ELSO (*Extracorporeal Life Support Organization*) representa el registro más completo de la actividad de ECMO en el mundo, documenta los resultados de soporte con ECMO en más de cien mil pacientes, y refleja la adopción masiva de esta terapia en la última década. El informe más actual en julio 2018 muestra sobrevida al destete de ECM VA en 55% de los pacientes y sobrevida hospitalaria del 42%, mientras que para aquellos pacientes que recibieron ECMO VA durante reanimación cardiopulmonar, la tasa de destete fue del 38% y la sobrevida hospitalaria, de 29%. Adicionalmente, las curvas de adopción del ECMO exhiben un incremento de 83 centros con 1644 casos en el año 1990 a 379 centros más de 10.000 casos adultos informados en el año 2017⁴⁰.

En nuestra experiencia, el desarrollo de un programa de ECMO multidisciplinario compuesto por un equipo de médicos de diversas especialidades, perfusionistas y enfermeros especializados, trabajando con protocolos que establecen las indicaciones y el manejo del paciente en ECMO, ha permitido establecer un programa de ECMO robusto, que pasó de menos de 10 canulaciones anuales con pobres resultados en 2014, a más de 80 canulaciones anuales con resultados iguales o superiores a los reportados en ELSO en los últimos dos años⁴⁶.

Tabla 5. ECMO

Autor	Año publicado	n° Pac.	Dispositivos	Mortalidad	Eventos adversos
Cheng	2014	1866	ECMO	Rango 34,6-79,2%	55,6% IRA, 46% reemplazo renal, 41,9% toracotomía, 40,8% sangrado, 30,4% infección, 16,9% isquemia de extremidad inferior, 13,3% complicaciones neurológicas, 10% síndrome compartimental, y 4,7% amputación.
Patel	2018	66	ECMO ECPELLA	78% ECMO (30 días) 57% ECPELLA (30 días)	No evaluado.
Chamogeor-gakis	2013	79	ECMO, Impella/ TH	No hubo diferencias significativas en mortalidad intrahospitalaria ni tasa de eventos adversos.	
Rubino	2017	101	ECMO	33% (al alta) 58% (1 año)	8,3% daño neurológico, 16,6% hemorragia en el sitio de canulación, 16,6% isquemia de extremidad y 8,3% hemorragia en otro sitio.
Stub	2015	26	ECMO e hipotermia terapéutica	46% (al alta)	No evaluado.
Ouweneel	2016	59 estudios con n= 3333	ECMO	13% incremento total en sobrevida con ECMO (30 días). En shock cardiogénico el uso de ECMO incrementó 33% la sobrevida (30 días) vs. BCPA. Uso de ECMO no tuvo diferencia significativa con TH.	

CONSIDERACIONES GENERALES

Los pacientes que requieren asistencia circulatoria mecánica temporaria generalmente presentan descompensación hemodinámica aguda, independientemente de la causa (por ej. Isquemia miocárdica, miocarditis viral, descompensación de miocardiopatía crónica, etc.).

La selección del tipo de dispositivo de asistencia ventricular temprana depende de diferentes factores como la enfermedad de base, la condición clínica, consideraciones anatómicas del paciente, el tipo de soporte requerido y la urgencia de la situación³. Dispositivos como CentriMag[®], TandemHeart[®] e Impella[®] se pueden considerar en casos donde es posible realizar una revisión detallada de la función pulmonar y la función ventricular derecha¹. Los sistemas que ofrecen asistencia respiratoria como el TandemHeart[®] y CentriMag[®] son una opción en pacientes que requieren apoyo en la oxigenación pulmonar³. ECMO ofrece la opción más versátil de asistencia circulatoria, ya que permite el implante urgente de manera rápida al lado de la cama del paciente por acceso percutáneo, como así también la canulación central en múltiples configuraciones de acuerdo a la necesidad de soporte del paciente¹. La duración recomendada del dispositivo también es un criterio relevante; el Impella[®] es de corta duración, TandemHeart[®] y ECMO son de intermedia, mientras que otros como el CentriMag[®] pueden ser utilizados por períodos más prolongados³.

La prevalencia de infecciones reportada por ELSO es de 11,7%, predominando bacteriemias (2,6%-19,5%), seguidas por infecciones en el sitio de canulación, infecciones urinarias e infecciones respiratorias⁴⁷. Las indicaciones de cobertura antibiótica en pacientes con DTACM son variadas y no se ha demostrado que la administración de antibióticos profilácticos disminuya la tasa de infecciones hospitalarias. Los organismos más frecuentemente descritos son estafilococos coagulasa-negativos y candida, seguidos por pseudomona aeruginosa y estafilococos aureus⁴⁸.

La nutrición es otro factor crítico en el tratamiento general de pacientes con DTACM y se recomienda la nutrición enteral siempre que sea posible mediante dieta oral o por sonda enteral. La alimentación parenteral se reserva para los pacientes que están en dosis elevadas de inotrópicos o vasopresores, o para aquellos que presentan complicaciones abdominales e íleo intestinales.

La vía de inserción del dispositivo determina la movilidad del paciente, las vías axilares y transtorácicas permiten mayor movilidad mientras que los accesos femorales limitan la movilidad de los pacientes que permanecen en decúbito dorsal con las caderas extendidas para prevenir la compresión de las cánulas insertadas en los vasos femorales³.

Los pacientes que requieren asistencia circulatoria mecánica temporaria se encuentran críticamente enfermos⁴⁵. En su mayoría requieren ventilación mecánica y una terapia médica multidisciplinaria que incluye terapia física, nutrición, prevención y tratamiento de infecciones, lesiones por inmovilización y demás complicaciones secundarias⁴⁵.

La movilidad reducida en tiempos prolongados da como resultado pérdida de la fuerza muscular, atrofia, contracturas y disminución en el rango de movimiento articular⁴⁴. Para prevenir este tipo de complicaciones, la terapia física y rehabilitación deben ser instauradas de forma temprana. Inicialmente, el propósito es evitar compresión nerviosa y de la piel, contracturas y pérdida de la integridad de la piel⁴⁴. Esto se puede realizar aun con el paciente sedado, mediante la movilización y reposición de las extremidades, utilizando herramientas de extensión muscular estática y de prevención de deformidad articular⁴⁴. Luego de retirar el ECMO es posible realizar movimientos asistidos musculares y articulares, programas de fortalecimiento muscular asistido y rehabilitación pulmonar⁴⁴. A medida que haya recuperación en el estado clínico, la terapia física se encaminará a realizar actividades cotidianas como sentarse, pararse, transferirse en cortas distancias, también se debe iniciar acondicionamiento aeróbico y fortalecimiento muscular⁴⁴.

CONCLUSIÓN

Los DTACM han evolucionado notablemente en años recientes, lo que favoreció una mayor utilización clínica. En la actualidad, existen variadas opciones para soporte hemodinámico de pacientes que desarrollan colapso cardiovascular. Múltiples factores deben ser tomados en cuenta al momento de seleccionar el dispositivo, incluyendo la disponibilidad, modo de soporte requerido, vía de inserción y objetivos del tratamiento. Si bien pocos estudios han comparado los dispositivos entre sí, el ECMO resulta ser el accesible en términos de costos, el más versátil en términos del tipo de soporte que puede desarrollar, y se encuentra disponible con mayor frecuencia en los hospitales.

Es posible establecer un programa de DTACM con la participación de un equipo médico multidisciplinario que actúe bajo protocolos claramente establecidos. ■

BIBLIOGRAFÍA

1. Saffarzadeh A, Bonde P. Options for temporary mechanical circulatory support. *J Thorac Dis.* diciembre de 2015;7(12):2102-11.
2. Barge-Caballero E, Almenar-Bonet L, Gonzalez-Vilchez F, Lambert-Rodríguez JL, González-Costello J, Segovia-Cubero J, et al. Clinical outcomes of temporary mechanical circulatory support as a direct bridge to heart transplantation: a nationwide Spanish registry: Bridge to transplant with temporary devices. *Eur J Heart Fail.* enero de 2018;20(1):178-86.
3. 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.* enero de 2017;33(1):110-8.
4. Jensen PB, Kann SH, Veien KT, Møller-Helgestad OK, Dahl JS, Rud CS, et al. Single-centre experience with the Impella CP, 5.0 and RP in 109 consecutive patients with profound cardiogenic shock. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care.* febrero de 2018;7(1):53-61.
5. Griffith BP, Anderson MB, Samuels LE, Pae WE, Naka Y, Frazier OH. The RECOVER I: A multicenter prospective study of Impella 5.0/LD for postcardiotomy circulatory support. *J Thorac Cardiovasc Surg.* febrero de 2013;145(2):548-54.
6. Chera HH, Nagar M, Chang N-L, Morales-Mangual C, Dous G, Marmur JD, et al. Overview of Impella and mechanical devices in cardiogenic shock. *Expert Rev Med Devices.* 3 de abril de 2018;15(4):293-9.
7. Desai SR, Hwang NC. Advances in Left Ventricular Assist Devices and Mechanical Circulatory Support. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* junio de 2018;32(3):1193-213.
8. Lauten A, Engstrom AE, Jung C, Empen K, Erne P, Cook S, et al. Percutaneous Left-Ventricular Support With the Impella-2.5-Assist Device in Acute Cardiogenic Shock: Results of the Impella-EUROSHOCK-Registry. *Circ Heart Fail.* 1 de enero de 2013;6(1):23-30.
9. Lemaire A, Anderson MB, Lee LY, Scholz P, Prendergast T, Goodman A, et al. The Impella Device for Acute Mechanical Circulatory Support in Patients in Cardiogenic Shock. *Ann Thorac Surg.* enero de 2014;97(1):133-8.
10. Sieweke J-T, Berliner D, Tongers J, Napp LC, Flierl U, Zauner F, et al. Mortality in patients with cardiogenic shock treated with the Impella CP microaxial pump for isolated left ventricular failure. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care.* 6 de febrero de 2018;204887261875739.
11. Brown JL, Estep JD. Temporary Percutaneous Mechanical Circulatory Support in Advanced Heart Failure. *Heart Fail Clin.* julio de 2016;12(3):385-98.
12. Touchan J, Guglin M. Temporary Mechanical Circulatory Support for Cardiogenic Shock. *Curr Treat Options Cardiovasc Med [Internet].* octubre de 2017 [citado 27 de agosto de 2018];19(10). Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s11936-017-0576-9>
13. Schmack B, Weymann A, Popov A-F, Patil NP, Sabashnikov A, Kremer J, et al. Concurrent Left Ventricular Assist Device (LVAD) Implantation and Percutaneous Temporary RVAD Support via CardiacAssist Protek-Duo TandemHeart® to Preempt Right Heart Failure. *Med Sci Monit Basic Res.* 2016;22:53-7.
14. Hira RS, Thamwiwat A, Kar B. TandemHeart® placement for cardiogenic shock in acute severe mitral regurgitation and right ventricular failure: Preoperative use of the TH pVAD in Severe Acute MR. *Catheter Cardiovasc Interv.* 1 de febrero de 2014;83(2):319-22.
15. Kowalczyk AK, Mizuguchi KA, Couper GS, Wang JT, Fox AA. Use of Intraoperative Transesophageal Echocardiography to Evaluate Positioning of TandemHeart® Percutaneous Right Ventricular Assist Device Cannulae. *Anesth Analg.* enero de 2014;118(1):72-5.
16. Kar B, Gregoric ID, Basra SS, Idelchik GM, Loyalka P. The Percutaneous Ventricular Assist Device in Severe Refractory Cardiogenic Shock. *J Am Coll Cardiol.* febrero de 2011;57(6):688-96.
17. Burkhoff D, Cohen H, Brunckhorst C, O'Neill WW. A randomized multicenter clinical study to evaluate the safety and efficacy of the TandemHeart® percutaneous ventricular assist device versus conventional therapy with intraaortic balloon pumping for treatment of cardiogenic shock. *Am Heart J.* septiembre de 2006;152(3):469.e1-469.e8.
18. Thiele H, Sick P, Boudriot E, Diederich K-W, Hambrecht R, Niebauer J, et al. Randomized comparison of intra-aortic balloon support with a percutaneous left ventricular assist device in patients with revascularized acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock. *Eur Heart J.* 1 de julio de 2005;26(13):1276-83.
19. 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 J.* 2014;60(5):487-97.
20. Worku B, Pak S-W, van Patten D, Housman B, Uriel N, Colombo P, et al. The CentriMag® ventricular assist device in acute heart failure refractory to medical management. *J Heart Lung Transplant.* junio de 2012;31(6):611-7.
21. Villavicencio MA, 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.* febrero de 2017;25(2):105-12.

22. Takayama H, Soni L, Kalesan B, Truby LK, Ota T, Cedola S, et al. Bridge-to-Decision Therapy With a Continuous-Flow External Ventricular Assist Device in Refractory Cardiogenic Shock of Various Causes. *Circ Heart Fail.* 1 de septiembre de 2014;7(5):799-806.
23. Zeriyoh M, Mohite P, Rai B, Sabashnikov A, Fatullayev J, Saez DG, et al. Short-Term Ventricular Assist Device as a Bridge to Decision in Cardiogenic Shock: Is It a Justified Strategy? *Int J Artif Organs.* marzo de 2016;39(3):114-20.
24. John R, Long JW, Massey HT, Griffith BP, Sun BC, Tector AJ, et al. Outcomes of a multicenter trial of the Levitronix CentriMag® ventricular assist system for short-term circulatory support. *J Thorac Cardiovasc Surg.* abril de 2011;141(4):932-9.
25. Gibbon JH. Development of the Artificial Heart and Lung Extracorporeal Blood Circuit. *JAMA J Am Med Assoc.* 25 de noviembre de 1968;206(9):1983.
26. Miller PE, Solomon MA, McAreavey D. Advanced Percutaneous Mechanical Circulatory Support Devices for Cardiogenic Shock: *Crit Care Med.* noviembre de 2017;45(11):1922-9.
27. Hill JG, Bruhn PS, Cohen SE, Gallagher MW, Manart F, Moore CA, et al. Emergent applications of cardiopulmonary support: A multiinstitutional experience. *Ann Thorac Surg.* octubre de 1992;54(4):699-704.
28. Cheng R, Hachamovitch R, Kittleson M, Patel J, Arabia F, Moriguchi J, et al. Complications of Extracorporeal Membrane Oxygenation for Treatment of Cardiogenic Shock and Cardiac Arrest: A Meta-Analysis of 1,866 Adult Patients. *Ann Thorac Surg.* febrero de 2014;97(2):610-6.
29. Ouweneel DM, Schotborgh JV, Limpens J, Sjaauw KD, Engström AE, Lagrand WK, et al. Extracorporeal life support during cardiac arrest and cardiogenic shock: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med.* diciembre de 2016;42(12):1922-34.
30. Lim HS. The Effect of Impella CP on Cardiopulmonary Physiology During Venous Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation Support: IMPELLA AND VA ECMO. *Artif Organs.* diciembre de 2017;41(12):1109-12.
31. Sayed S, Schimmer C, Shade I, Leyh R, Aleksic I. Combined pulmonary and left ventricular support with veno-pulmonary ECMO and impella 5.0 for cardiogenic shock after coronary surgery. *J Cardiothorac Surg [Internet].* diciembre de 2017 [citado 6 de septiembre de 2018];12(1). Disponible en: <http://cardiothoracicsurgery.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13019-017-0594-4>
32. Mourad M, Gaudard P, De La Arena P, Eliet J, Zeroual N, Rouvière P, et al. Circulatory Support with Extracorporeal Membrane Oxygenation and/or Impella for Cardiogenic Shock During Myocardial Infarction: *ASAIO J.* diciembre de 2017;1.
33. Patel SM, Lipinski J, Al-Kindi SG, Patel T, Saric P, Li J, et al. Simultaneous Venous Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation and Percutaneous Left Ventricular Decompression Therapy with Impella Is Associated with Improved Outcomes in Refractory Cardiogenic Shock: *ASAIO J.* febrero de 2018;1.
34. Eliet J, Gaudard P, Zeroual N, Rouvière P, Albat B, Mourad M, et al. Effect of Impella During Venous Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation on Pulmonary Artery Flow as Assessed by End-Tidal Carbon Dioxide: *ASAIO J.* septiembre de 2017;1.
35. Akanni OJ, Takeda K, Truby LK, Kurlansky PA, Chiuhan C, Han J, et al. EC-VAD: Combined Use of Extracorporeal Membrane Oxygenation and Percutaneous Microaxial Pump Left Ventricular Assist Device. *ASAIO J.* abril de 2018;1.
36. Chamogeorgakis T, Rafael A, Shafii AE, Nagpal D, Pokersnik JA, Gonzalez-Stawinski GV. Which Is Better: A Miniaturized Percutaneous Ventricular Assist Device or Extracorporeal Membrane Oxygenation for Patients With Cardiogenic Shock? *ASAIO J.* 2013;59(6):607-11.
37. Rubino A, Costanzo D, Stanzus D, Valchanov K, Jenkins D, Sertic F, et al. Central Venous Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation (C-VA-ECMO) After Cardiothoracic Surgery: A Single-Center Experience. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* junio de 2018;32(3):1169-74.
38. van den Brink FS, Magan AD, Noordzij PG, Zivelonghi C, Agostoni P, Eefting FD, et al. Venous arterial extracorporeal membrane oxygenation in addition to primary PCI in patients presenting with ST-elevation myocardial infarction. *Neth Heart J.* febrero de 2018;26(2):76-84.
39. Stub D, Bernard S, Pellegrino V, Smith K, Walker T, Sheldrake J, et al. Refractory cardiac arrest treated with mechanical CPR, hypothermia, ECMO and early reperfusion (the CHEER trial). *Resuscitation.* enero de 2015;86:88-94.
40. Extracorporeal Life Support Organization. ECLS Registry Report [Internet]. 2018 [citado 10 de junio de 2018]. Disponible en: <http://www.euroelso.net/ecls-medical-update.html>
41. Juo Y-Y, Skancke M, Sanaiha Y, Mantha A, Jimenez JC, Benharash P. Efficacy of Distal Perfusion Cannulae in Preventing Limb Ischemia During Extracorporeal Membrane Oxygenation: A Systematic Review and Meta-Analysis: EFFICACY OF DPC IN PREVENTING LIMB ISCHEMIA DURING ECMO. *Artif Organs.* noviembre de 2017;41(11):E263-73.
42. Ranney DN, Benrashed E, Meza JM, Keenan JE, Bonadonna D, Mureebe L, et al. Vascular Complications and Use of a Distal Perfusion Cannula in Femorally Cannulated Patients on Extracorporeal Membrane Oxygenation: *ASAIO J.* 2018;64(3):328-33.
43. Yeo HJ, Yoon SH, Jeon D, Kim YS, Cho WH, Kim D, et al. The Utility of Preemptive Distal Perfusion Cannulation During Peripheral Venous Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation Support: DISTAL PERFUSION CANNULATION DURING ECMO. *J Intervent Cardiol.* agosto de 2016;29(4):431-6.
44. R TR, A TS, P TK, M BD. Physical therapy and rehabilitation issues for patients supported with Extracorporeal Membrane Oxygenation. *J Pediatr Rehabil Med Interdisciplinary Approach.* 2012;(1):47-52.
45. Holman WL, Pae WE, Teutenberg JJ, Acker MA, Nafel DC, Sun BC, et al. INTERMACS: Interval Analysis of Registry Data. *J Am Coll Surg.* mayo de 2009;208(5):755-61.