

DISPOSITIVO DE OXIGENACIÓN POR MEMBRANA EXTRACORPÓREA (ECMO) EN EL SHOCK CARDIOGÉNICO: CARACTERÍSTICAS Y CUIDADOS DE ENFERMERÍA

*EXTRACORPOREAL MEMBRANE OXYGENATION (ECMO) DEVICE IN
CARDIOGENIC SHOCK: CHARACTERISTICS AND NURSING CARE*



TRABAJO FIN DE GRADO

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA – GRADO EN ENFERMERÍA 2022 / 2023

FACULTAD DE ENFERMERÍA

AUTOR: RUBÉN LÓPEZ VÍBORA

DIRECTOR: VÍCTOR FRADEJAS SASTRE

Aviso de responsabilidad UC

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Grado de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros.

La Universidad de Cantabria, el Centro, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Grado, así como el profesor tutor/director no son responsables del contenido último de este Trabajo.

Dispositivo de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) en el shock cardiogénico:
características y cuidados de enfermería

Índice

Índice de abreviaturas	6
Resumen	7
Introducción.....	8
Objetivos del trabajo	12
Estrategia de búsqueda	12
Capítulo 1: Dispositivos de asistencia mecánica circulatoria	14
1.1 Definición	14
1.2 Historia.....	14
1.3 Clasificación de los dispositivos de asistencia mecánica circulatoria	15
1.3.1 Soporte circulatorio temporal.....	15
1.3.2 Soporte circulatorio de larga duración	16
Capítulo 2: ECMO (Extracorporeal membrane oxygenation)	18
2.1 Indicaciones y contraindicaciones.....	18
2.2 Ventajas del dispositivo ECMO.....	19
2.3 Modalidades de ECMO	19
2.3.1 ECMO venovenosa.....	19
2.3.2 ECMO venoarterial	21
2.4 Componentes de la ECMO.....	23
2.5 Implantación del dispositivo ECMO	25
2.6 Desconexión del dispositivo ECMO.....	26
2.7 Complicaciones generales de la ECMO	27
Capítulo 3: Cuidados de enfermería	28
3.1 Consideraciones sistémicas	29
3.2 Figura del perfusionista	30
Reflexiones.....	31
Bibliografía.....	32

Índice de abreviaturas

- ACC:** Colegio Americano de Cardiología.
- AHA:** Asociación Americana del Corazón.
- BIS:** Índice biespectral.
- CA:** Catéter arterial.
- DeCS:** Descriptor en ciencias de la salud.
- ECMO:** Extracorporeal Membrane Oxygenation.
- EII:** Extremidades inferiores.
- EES:** Extremidades superiores.
- FIO₂:** Fracción de oxígeno inspirado.
- ICA:** Insuficiencia cardiaca aguda.
- PAM:** Presión arterial media.
- PaO₂:** Presión parcial de oxígeno.
- PAS:** Presión arterial sistólica.
- PEEP:** Presión positiva al final de la espiración.
- PVC:** Presión venosa central.
- RCP:** Reanimación cardiopulmonar.
- RPM:** Revoluciones por minuto.
- SC:** Shock Cardiogénico.
- SCACEST:** Síndrome coronario agudo con elevación del segmento ST.
- SCAI:** Sociedad de Angiografía e Intervenciones Cardiovasculares.
- SCASEST:** Síndrome coronario agudo sin elevación del segmento ST.
- SCCM:** Sociedad Americana de Medicina de Cuidados Críticos.
- SNC:** Sistema nervioso central.
- STS:** Sociedad de Cirujanos Torácicos.
- TCA:** Tiempo de coagulación activada.
- TPT:** Tiempo parcial de tromboplastina.
- UCI:** Unidad de cuidados intensivos.
- VA:** Venoarterial.
- VD:** Ventrículo derecho.
- VI:** Ventrículo izquierdo.
- VIH:** Virus de la inmunodeficiencia humana.
- VV:** Venovenosa.

Resumen

Introducción: el shock cardiogénico ocurre cuando el corazón es incapaz de bombear la sangre que el cuerpo humano necesita, tratándose por lo tanto, de una situación de emergencia que requiere la rápida actuación de los profesionales sanitarios. Con el objetivo de corregir esta situación, se pueden emplear diversos dispositivos de asistencia mecánica circulatoria, y entre los que proporcionan soporte de forma temporal, se encuentra la oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO). El presente trabajo se ha estructurado en tres capítulos:

En el primer capítulo se exponen los dispositivos de asistencia mecánica circulatoria más utilizados en la práctica clínica, clasificándolos según la duración del soporte que puedan proporcionar.

A lo largo del segundo capítulo se desarrolla de forma más detallada el dispositivo ECMO: indicaciones, contraindicaciones, ventajas, modalidades, componentes, proceso de implantación-desconexión y las complicaciones más frecuentes.

En el tercer capítulo se detallan los cuidados de enfermería necesarios para asegurar un correcto funcionamiento del dispositivo ECMO y se desarrolla la figura del perfusionista.

Reflexión: el uso de la ECMO en el tratamiento del shock cardiogénico ha demostrado ser eficaz en la recuperación del paciente, como medida para instaurar un dispositivo de asistencia ventricular de larga duración o como puente al trasplante cardíaco. Es importante prestar unos cuidados de enfermería adecuados durante el uso de la ECMO, con el objetivo de evitar las posibles complicaciones derivadas de la utilización de este dispositivo.

Palabras clave: shock cardiogénico, dispositivos de asistencia circulatoria, ECMO, complicaciones, cuidados de enfermería.

Abstract

Introduction: cardiogenic shock occurs when the heart is unable to pump the blood that the human body needs, therefore, it is an emergency situation that requires the rapid action of health professionals. In order to correct this situation, various mechanical circulatory assistance devices can be used, and among those that provide temporary support, there is extracorporeal membrane oxygenation (ECMO). This work has been structured in three chapters:

The first chapter describes the most commonly used mechanical circulatory assistance devices in clinical practice, classifying them according to the duration of support they can provide.

Throughout the second chapter, the ECMO device is developed in more detail: indications, contraindications, advantages, modalities, components, implantation-disconnection process and the most frequent complications.

The third chapter details the nursing care necessary to ensure proper functioning of the ECMO device and the figure of the perfusionist is developed.

Reflection: the use of ECMO in the treatment of cardiogenic shock has proven to be effective in patient recovery, as a measure to establish a long-term ventricular assist device or as a bridge to heart transplantation. It is important to provide adequate nursing care during the use of ECMO, in order to avoid possible complications derived from the use of this device.

Keywords: cardiogenic shock, circulatory assist devices, ECMO, complications, nursing care.

Introducción

El shock cardiogénico (SC) es una situación de emergencia, en la que el corazón no puede bombear la sangre suficiente para satisfacer las necesidades del cuerpo humano, y que requiere de intervención farmacológica y/o mecánica. Esta causado por un deterioro grave del rendimiento miocárdico, dando como resultado una disminución del gasto cardiaco, y con ello, hipoperfusión de los órganos diana e hipoxia.

En el año 2019 se publicó una clasificación del SC liderada por la Sociedad de Angiografía e Intervenciones Cardiovasculares (SCAI) y respaldada por el Colegio Americano de Cardiología (ACC), la Asociación Americana del Corazón (AHA), la Sociedad Americana de Medicina de Cuidados Críticos (SCCM) y la Sociedad de Cirujanos Torácicos (STS). Esta clasificación, pretende ubicar al paciente que sufre un SC dentro de un estadio de forma rápida, ya que el tratamiento precoz en este tipo de pacientes es de vital importancia. Se propuso la siguiente clasificación de cinco etapas ⁽¹⁾:

- **Estadio A (en riesgo):** en este estadio se engloba a los pacientes que se encuentran en riesgo de sufrir un SC. Comprende a los pacientes que, aunque no experimentan signos o síntomas de SC, están en riesgo de desarrollarlo. El paciente que se clasifica dentro de este estadio puede encontrarse asintomático y tener unos resultados analíticos normales, así como una exploración física sin alteraciones. Mencionar que pacientes con síndrome coronario agudo sin elevación del segmento ST (SCASEST) y aquellos con insuficiencia cardíaca descompensada se pueden ubicar en este estadio, ya que es bastante amplio.
- **Estadio B (inicio del SC o pre-descarga/descarga compensada):** describe a un paciente que tiene signos de hipotensión o taquicardia sin hipoperfusión. La hipoperfusión se define por signos clínicos tales como extremidades frías, oliguria o confusión mental. Los resultados de laboratorio del paciente que se ubica en este estadio pueden ser normales.
- **Estadio C (SC clásico):** donde se engloba a los pacientes con hipoperfusión que requieren un conjunto inicial de intervenciones (administración de inotrópicos, vasopresores, uso de dispositivos de soporte mecánico como la oxigenación por membrana extracorpórea [ECMO]), además de administración de líquidos para restaurar la perfusión. Estos pacientes generalmente presentan hipotensión, y la mayoría manifiesta una presión arterial media (PAM) ≤ 60 mmHg o presión arterial sistólica (PAS) ≤ 90 mmHg, además de hipoperfusión. Los resultados de laboratorio nos pueden indicar una alteración de la función renal y hepática, así como elevación de marcadores cardíacos (péptido natriurético y lactato).
- **Estadio D (SC deteriorado o fatal):** en el que se describe a un paciente que no ha logrado estabilizarse a pesar de las medidas iniciales, por lo que requiere una mayor escalada. Se entiende la escalada, como un aumento en el número o la intensidad de las terapias intravenosas para corregir la hipoperfusión como el uso soporte circulatorio mecánico después del período inicial de observación y tratamiento. Además, deben de haber transcurrido al menos 30 minutos sin respuesta favorable a la hipotensión o la hipoperfusión de los órganos diana.
- **Estadio E (SC extremo):** en este estadio el paciente presenta colapso circulatorio, generalmente se encuentra en parada cardíaca con medidas de reanimación cardiopulmonar (RCP) en curso o está siendo tratado con múltiples intervenciones agudas simultáneas. Estos son pacientes con múltiples profesionales trabajando para abordar los numerosos problemas simultáneos relacionados con la falta de estabilidad clínica.

Dispositivo de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) en el shock cardiogénico: características y cuidados de enfermería

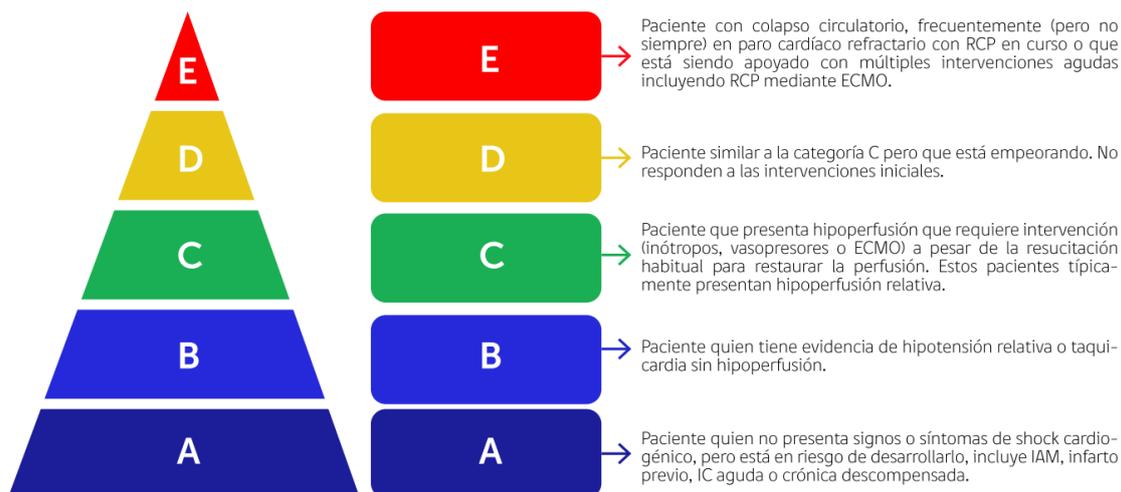


Figura 1: Clasificación SCAI del shock cardiogénico ⁽²⁾.

La prevalencia del SC varía según el entorno asistencial, la definición de SC y el periodo de tiempo en el cual se recopilan los datos. De todos los casos de insuficiencia cardiaca aguda (ICA), el SC representa del 2% al 5%, con una prevalencia dentro de las unidades de cuidados intensivos (UCI) del 14% al 16%. La mortalidad hospitalaria del SC fluctúa del 30% al 60% y casi la mitad de las muertes intrahospitalarias ocurren dentro de las primeras 24 horas después de su aparición. La mortalidad en el primer año es del 50 al 60 %, ocurriendo el 75 % dentro de los primeros 60 días ⁽³⁾.

Si atendemos a las causas del shock cardiogénico, el síndrome coronario agudo (SCA) es el responsable de la mayoría de los SC. El SCA con elevación del segmento ST (SCAEST) se relaciona con mayor riesgo de desarrollar un shock cardiogénico en comparación con los SCA que no presentan elevación del segmento ST (SCAEST) ⁽⁴⁾. A pesar de que el SCA es la principal causa de SC, existen factores contribuyentes al shock que no están relacionados directamente con él, entre ellos encontramos: infecciones, hipovolemia, administración de fármacos antihipertensivos o fármacos que disminuyan la frecuencia cardíaca. Aunque en los últimos años se han realizado avances clínicos con el objetivo de disminuir la mortalidad de los pacientes que sufren un SC relacionado con el SCA, el número de muertes por esta causa sigue siendo alto, aproximadamente del 45 % ⁽²⁾.

Hace una década, el 81% de los SC se debían a un síndrome coronario agudo (SCA) subyacente, sin embargo, esta causa ha disminuido en paralelo a un aumento del SC debido a otras etiologías. Según datos de Estados Unidos que incluyen a alrededor de 145.000 pacientes con SC de diversas causas, los que estaban relacionados con SCA se redujeron entre 2005 y 2014 del 65,3 % al 45,6 %. El resto de SC se relacionaban con miocardiopatía no isquémica (28 %), miocardiopatía isquémica sin SCA (18 %), y con otras causas como taquicardia ventricular o valvulopatías graves (17%).

Los pacientes con SC sin SCA relacionado, causan un mayor gasto en recursos económicos y tienen mayor morbilidad (insuficiencia cardiaca preexistente más grave, hipertensión pulmonar, arritmias), pero la supervivencia hospitalaria es significativamente mejor que en el SC relacionado con SCA. Los pacientes con SCA y SC relacionado presentan generalmente una pérdida aguda e irreversible de tejido miocárdico, además, se ha comprobado que los pacientes con SC como complicación del SCA presentan una mayor edad, tienen mayores tasas de diabetes, de enfermedad vascular periférica e ictus isquémico, todo ello contribuye a una peor evolución en comparación con los SC que no están relacionados con el SCA ⁽⁵⁾.

El riesgo de reingreso es ligeramente menor entre los pacientes con SCACEST frente a los que han sufrido un SCASEST. Entre las causas más comunes de reingreso se puede observar la insuficiencia cardiaca congestiva y sufrir otro infarto de miocardio. Las estadísticas defienden que ser mujer, tener un nivel socioeconómico bajo, ser portador de un dispositivo circulatorio mecánico, presentar fibrilación auricular y taquicardia ventricular, son predictores de reingreso ⁽⁶⁾.

Diagnóstico

Entre las pruebas diagnósticas que se pueden realizar para confirmar la instauración del SC encontramos las siguientes ⁽⁷⁾:

- Electrocardiograma: de gran ayuda en la detección de isquemia cardiaca aguda, arritmias, anomalías electrolíticas y/o signos de toxicidad por fármacos.
- Radiografía de tórax: prueba de imagen que muestra el tamaño y la forma del corazón, además podemos observar si el paciente presenta edema agudo de pulmón.
- Análisis de sangre: hemograma, bioquímica, coagulación, gasometría arterial y venosa.
- Ecocardiografía: mediante ondas sonoras se consiguen imágenes del corazón. Gracias a esta prueba se puede valorar e identificar la magnitud del daño cardíaco.
- Cateterismo cardíaco (angiografía): prueba diagnóstica que valora la permeabilidad de las arterias coronarias. Se realiza insertando un catéter a través de una arteria, que se conduce hasta las coronarias. La radioscopía permite al cardiólogo guiar dicho catéter a través de los vasos sanguíneos y llegar hasta el corazón, donde se inyecta el contraste para lograr visualizar la presencia de alguna obstrucción.

Tratamiento

Instaurar un tratamiento que reduzca el daño que provoca la falta de oxígeno en los tejidos es de vital importancia durante un SC ⁽⁸⁾. Se distingue entre:

- Medidas de soporte respiratorio: oxigenoterapia y ventilación mecánica (no hay suficiente evidencia para recomendar un modo ventilatorio específico).
- Tratamiento farmacológico: tiene como objetivo mejorar la capacidad de bombeo del corazón y reducir el riesgo de presencia de coágulos sanguíneos.
 - Vasopresores: estos fármacos se utilizan para corregir la presión arterial baja. Se encuentran entre ellos la dopamina, norepinefrina, epinefrina y vasopresina.
 - Inotrópicos: ayudan a optimizar la función de bombeo del corazón, incrementando la fuerza y velocidad de las contracciones, como la dobutamina, la dopamina y la milrinona.
 - Antiagregantes: con el objetivo de reducir el riesgo de trombos, y con ello, lograr mantener una correcta circulación sanguínea. Por ejemplo, el ácido acetilsalicílico o el clopidogrel.
 - Anticoagulante: como la heparina, de diferente familia farmacológica que los anteriores, efecto similar pero no igual, actúan en diferentes pasos de la cascada de la coagulación.

Dispositivo de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) en el shock cardiogénico:
características y cuidados de enfermería

- Tratamiento quirúrgico:
 - Bypass coronario: también denominado cirugía de revascularización miocárdica o simplemente bypass. Es un procedimiento quirúrgico para lograr mejorar el flujo sanguíneo dirigido al músculo cardíaco. Esta intervención crea nuevas vías para que la sangre circule hacia el corazón, cuando las arterias coronarias están obstruidas o estrechadas. El procedimiento consiste en conectar una porción de un vaso sanguíneo de otra parte del cuerpo, a cada lado de la obstrucción de la arteria coronaria lesionada, con el objetivo de reconducir el flujo sanguíneo. Es una intervención realizada por los cirujanos cardíacos o cardiovasculares.
 - Angioplastia coronaria percutánea: es un procedimiento invasivo con el que se logra mejorar el flujo de sangre que llega al corazón. La parte inicial es compartida con la angiografía, con la salvedad de que esta, tras constatar la estenosis/obstrucción se procede a repermeabilizar la arteria alterada, en aquellos pacientes que sufren un ataque cardíaco por la obstrucción de una arteria coronaria. Para abrir una arteria obstruida, el facultativo debe insertar otro catéter montado en un alambre guía e inflará un globo en el extremo de dicho catéter. Es posible que el médico también coloque una pequeña malla tubular denominada endoprótesis o stent farmacoactivo en la arteria coronaria para ayudar a mantenerla abierta. Realizada por cardiólogos intervencionistas.

- Utilización de otros dispositivos:
 - Balón de contrapulsación intraaórtico: generalmente se utiliza por un periodo breve, en pacientes que tienen un SC por insuficiencia cardíaca, hasta que se pueda realizar otro procedimiento más permanente. Este instrumento ayuda al miocardio a bombear la sangre hacia los tejidos corporales, y consigue que el corazón utilice menos recursos energéticos para conseguirlo. El balón se ubica en la arteria aorta, y tiene un globo que se infla y desinfla, adaptándose al ritmo de bombeo del corazón.
 - Dispositivos de asistencia circulatoria percutánea: en este apartado se incluyen los dispositivos de asistencia ventricular que asisten al corazón hasta que se recupere o mientras la persona espera un trasplante cardíaco. Entre los riesgos más frecuentes en la utilización de este tipo de dispositivos se encuentran la formación de coágulos sanguíneos, presencia de hemorragias, infección, disfunción del dispositivo e insuficiencia cardíaca.
 - Dispositivo de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO): es un dispositivo que reemplaza temporalmente la función del corazón y/o los pulmones al hacer circular la sangre por el mismo. Se conecta al paciente a través de cánulas que se colocan en los vasos sanguíneos de gran calibre. El dispositivo extrae sangre pobre en oxígeno y la bombea a través de una cámara que funciona como un pulmón artificial para agregar oxígeno. A continuación, se bombea la sangre oxigenada de vuelta al paciente para perfundir todos sus tejidos.

- Trasplante de corazón: se plantea como última alternativa para el paciente en aquellos casos en los que el resto de tratamientos o dispositivos no funcionen.

Objetivos del trabajo

Objetivo general: Analizar el uso del dispositivo de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) en el shock cardiogénico y describir los cuidados de enfermería que requiere.

Objetivos específicos:

1. Describir las modalidades de uso de los dispositivos de oxigenación por membrana extracorpórea.
2. Describir las indicaciones, los componentes y las posibles complicaciones derivadas de la utilización del ECMO.
3. Describir los cuidados de enfermería necesarios durante la utilización del ECMO.

Estrategia de búsqueda

Con el objetivo de recopilar la información necesaria para poder elaborar el presente trabajo de fin de grado, se ha realizado una búsqueda en diversas bases de datos, destacando entre ellas Pubmed, Dialnet y Cochrane. Los descriptores en ciencias de la salud (DeCS) utilizados en los buscadores para filtrar los artículos relevantes para este trabajo han sido: ECMO, insuficiencia cardiaca, shock cardiogénico, dispositivo de asistencia circulatoria, complicaciones, cuidados de enfermería, perfusionista. Además he combinado estos DeCS entre ellos con el operador AND para conseguir obtener información más concisa. En la siguiente tabla expongo el número de resultados que se han obtenido en las diferentes bases de datos, según los DeCS utilizados.

Descriptor en ciencias de la salud (DeCS)	Base de datos	Número de resultados
ECMO	Pubmed	22491
	Dialnet	176
	Cochrane	846
Insuficiencia cardiaca AND ECMO	Pubmed	3595
	Dialnet	20
	Cochrane	111
Shock cardiogénico	Pubmed	18581
	Dialnet	287
	Cochrane	1551
Shock cardiogénico AND ECMO	Pubmed	2671
	Dialnet	27
	Cochrane	84
Dispositivo de asistencia circulatoria	Pubmed	21421
	Dialnet	55
	Cochrane	236
Dispositivo de asistencia circulatoria AND ECMO	Pubmed	1921
	Dialnet	12
	Cochrane	30
Complicaciones AND ECMO	Pubmed	8272
	Dialnet	38
	Cochrane	217
Cuidados de enfermería AND ECMO	Pubmed	242
	Dialnet	16
	Cochrane	19
Perfusionista AND ECMO	Pubmed	101
	Dialnet	14
	Cochrane	6

Tabla 1: resultados de búsqueda en diversas bases de datos en función de los DeCS.

Dispositivo de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) en el shock cardiogénico:
características y cuidados de enfermería

Al analizar la tabla anterior, se puede observar que la base de datos Pubmed ha arrojado el mayor número de resultados según todos los criterios de búsqueda, seguida de Cochrane y en último lugar Dialnet. Durante el proceso de selección de los artículos, se ha filtrado por fecha de publicación, intentando obtener la información de aquellos publicados en los últimos cinco años. Además se ha dado más valor a la hora de seleccionar la información, a aquellos artículos de revisión.

Capítulo 1: Dispositivos de asistencia mecánica circulatoria

1.1 Definición

Un dispositivo de asistencia mecánica circulatoria se utiliza cuando el corazón presenta una disfunción en su capacidad de bombeo. Se considera su utilización para asistir o sustituir totalmente a la función cardiaca, generalmente de forma temporal ⁽⁹⁾.

1.2 Historia

En el siglo XVII se realizó la primera transfusión sanguínea con fines terapéuticos a un ser humano, llevada a cabo por el médico Jean Baptiste Denis. Dos siglos después, en el siglo XIX se realizó la primera transfusión de humano a humano, por James Blandwell. En el año 1860 se llevaron a cabo experimentos donde se logró oxigenar sangre de animales y en 1895 se diseñó una máquina que oxigenaba sangre mediante infusión directa de aire, con el objetivo de perfundir un riñón ⁽¹⁰⁾.

Avanzando de siglo, en 1929, el científico ruso Sergei Brukhonenko consiguió perfundir órganos, partes y cuerpos de animales enteros, siendo famosas sus imágenes de cabezas de perros que se mantenían con vida conectadas a una máquina de perfusión extracorpórea. En 1935, VitrumAB®, una compañía sueca, consigue elaborar heparina de uso endovenoso. En mayo de 1953, el Dr. Gibbon consigue realizar la primera intervención a corazón abierto utilizando un sistema de circulación extracorpórea en Philadelphia. Dos años después, en 1955, Richard DeWall creó el primer oxigenador de burbujas desechable, llegando a ser el principal modelo utilizado en la circulación extracorpórea. Este sistema presentó desventajas, como fueron las complicaciones por microembolias aéreas y la hemólisis.

En 1957 se creó lo que hoy conocemos como silicona, el polímero dimetilpolisiloxano, siendo altamente resistente a la presión hidrostática, no permitiendo el paso de agua, pero sí de los gases. Gracias a este material, el Dr. Kolobow en los años 60, logró crear el primer pulmón artificial de membrana (oxigenador). En 1971, el Dr. Hill utilizó por primera vez un circuito extracorpóreo de uso prolongado, logrando la supervivencia del paciente, se trataba de un joven de 24 años con distrés respiratorio por un traumatismo múltiple.

En 1972, el Dr. Bartlett, considerado el padre de la ECMO, comunicó por primera vez la utilización de ECMO en un niño post cirugía cardiaca. En 1975 utilizó un dispositivo ECMO neonatal con éxito por primera vez, se trataba de una paciente con fallo respiratorio e hipertensión pulmonar por aspiración meconial. Además, consiguió instaurar la utilización de la ECMO en las unidades de cuidados intensivos y no solo durante las intervenciones quirúrgicas.

En el año 2009, se publicó el estudio CESAR (Asistencia ventilatoria convencional versus oxigenación por membrana extracorpórea para la insuficiencia respiratoria grave en adultos) dirigido por Giles Peek en Reino Unido de 180 pacientes aleatorizados, que demostró que es mejor tratar a los pacientes con ECMO a manejarlos convencionalmente. A partir de este año se observó un aumento en el número de pacientes tratados con ECMO, tanto de los que se encontraban en fallo cardiaco, como en respiratorio ⁽¹¹⁾.

1.3 Clasificación de los dispositivos de asistencia mecánica circulatoria

La asistencia mecánica circulatoria se realiza mediante un dispositivo que asiste a la función cardiaca en diversas situaciones. El objetivo final es conseguir perfundir con sangre oxigenada todos los tejidos del cuerpo⁽¹²⁾. Existen diferentes clasificaciones de los dispositivos de asistencia mecánica circulatoria, atendiendo a:

- Los ventrículos a los que asisten (derecho, izquierdo o ambos ventrículos).
- Las características del flujo sanguíneo (continuo o pulsátil).
- El diseño de la bomba (axial o centrífuga).
- El mecanismo de accionamiento (neumático o eléctrico).
- La ubicación de la bomba en relación con el cuerpo (intracorpóreo, extracorpóreo o paracorpóreo).
- Su generación (primera, segunda o tercera generación).
- La duración del soporte que pueden proporcionar (temporal o largo plazo): esta última clasificación es la que se va a desarrollar de una forma más pormenorizada.

1.3.1 Soporte circulatorio temporal

El objetivo del soporte circulatorio temporal es conseguir estabilizar a los pacientes que presentan disfunción cardiaca, como en los casos de shock cardiogénico agudo. Estos dispositivos deben asegurar un flujo sanguíneo coronario y disminuir la precarga y poscarga ventricular, con el objetivo de que el miocardio se recupere.

Impella®

Es un dispositivo de asistencia ventricular izquierda que funciona a través de una bomba microaxial que recoge sangre del ventrículo izquierdo y la desplaza hacia la aorta, lo que proporciona una descompresión del ventrículo izquierdo y un aumento del gasto cardíaco⁽¹³⁾.

Este dispositivo se inserta percutáneamente desde la arteria femoral, atraviesa la válvula aórtica y se ubica en el ventrículo izquierdo. Para guiar durante la colocación en el quirófano, se utiliza la ecocardiografía transesofágica. El Impella® está aprobado para proporcionar soporte circulatorio durante 7 días aproximadamente. El uso de este dispositivo se debe evitar en la insuficiencia aórtica, en estenosis aórtica calcificada grave y en aquellos pacientes con trombos en el ventrículo izquierdo y válvulas aórticas protésicas.

ECMO (Extracorporeal membrane oxygenation)

La oxigenación por membrana extracorpórea, es un sistema de asistencia mecánica respiratoria y circulatoria extracorpórea de corta duración, que se utiliza habitualmente durante días o semanas. Está indicado en la insuficiencia respiratoria y en el shock cardiogénico con compromiso vital de cualquier causa, cuando las medidas terapéuticas o quirúrgicas convencionales han fracasado⁽¹⁴⁾. La ECMO es un método de soporte circulatorio temporal fiable, que se puede utilizar en situaciones de emergencia. En las situaciones de urgencia se utiliza habitualmente la canulación periférica, generalmente de la vena femoral.

Durante el soporte con ECMO es necesario realizar una anticoagulación terapéutica dirigida a un tiempo parcial de tromboplastina (TPT) (prueba que se utiliza para evaluar el tiempo que transcurre hasta que la sangre se coagula) de 1,5 veces lo normal.

A las 24 horas de reposo miocárdico, se intenta el destete o decanulación, asegurando previamente una anticoagulación adecuada. Se pueden reducir los flujos sanguíneos a través de la bomba mientras se monitorizan las saturaciones venosas mixtas, la pulsatilidad en la forma de onda arterial y la contractilidad del ventrículo izquierdo con ecocardiografía. Cuando se confirma que el miocardio se ha recuperado, los pacientes pueden ser decanulados.

La supervivencia de los pacientes después de la ECMO depende de la causa de la insuficiencia cardíaca y la gravedad de la lesión antes de instaurarse la terapia con ECMO. En pacientes con paro cardíaco hospitalario donde se usó ECMO para asistir la circulación durante y después de la reanimación cardiopulmonar, la tasa de supervivencia al alta fue del 27%, mientras que los pacientes postcardiotomía tienen mejores tasas de supervivencia, del 36 al 42%. Los pacientes que sufrieron parada cardíaca extrahospitalaria obtuvieron los peores resultados, con un 4% de supervivencia al alta.

Levitronix® Centrimag VAD

Es un dispositivo que utiliza tecnología de levitación magnética y que puede asistir tanto al ventrículo derecho como al izquierdo. Se trata de una bomba centrífuga extracorpórea de flujo continuo, sin rodamientos ni sellos mecánicos, por lo que se produce una hemólisis y trombogenicidad mínimas. Además, es posible conectar un oxigenador en los casos que lo requieran.

Para poder implantar este dispositivo es necesario realizar una esternotomía. La canulación se realiza de la siguiente manera ⁽¹⁵⁾:

- Para asistir al ventrículo izquierdo (VI): se realiza la canulación desde el ápice del VI a la aorta ascendente.
- En la asistencia del ventrículo derecho (VD): se realiza desde la aurícula derecha o VD, hasta el tronco de la arteria pulmonar.

1.3.2 Soporte circulatorio de larga duración

Heartmate® II y Heartware®

Son dos dispositivos de asistencia ventricular izquierda de flujo continuo, utilizados para el soporte a largo plazo ⁽¹⁶⁾.

Heartmate® II consiste en una bomba rotativa de flujo axial, sin válvula, con un conducto de entrada insertado en el ápice del ventrículo izquierdo y una cánula de salida insertada en la aorta ascendente. Se puede alcanzar un caudal de hasta 10 litros por minuto. El flujo varía con la velocidad, la precarga y la poscarga.

El dispositivo Heartware® se implanta a través de una esternotomía. Se ancla un anillo a la punta del ventrículo izquierdo, donde se introduce el dispositivo de asistencia mecánica circulatoria que se conecta con la aorta. En el interior del dispositivo hay un rotor que al girar impulsa la sangre desde el ventrículo izquierdo hacia la aorta.

Las complicaciones de este tipo de dispositivos son frecuentes, un porcentaje mayor del 60 % de los pacientes que han recibido una asistencia mediante estos dispositivos de flujo continuo presentan hemorragia, infección, disfunción del aparato, accidente cerebrovascular o fallecimiento durante el primer año.

Heartmate® III

Se trata de un nuevo dispositivo de asistencia ventricular aprobado para su uso clínico en el año 2017. Como novedad respecto a su predecesor, el Heartmate® II, es que incluye un flujo centrífugo y un modo de pulso artificial para evitar la formación de trombos. Además este modo se asemeja más a la fisiología circulatoria normal ⁽¹⁷⁾.

Respecto a las complicaciones, se han obtenido datos de mejora frente al dispositivo de la generación anterior, sobre todo, con una menor tasa de reintervenciones por problemas de trombosis relacionados con el aparato. En cambio, no hubo diferencias respecto a las hemorragias o accidentes cerebrovasculares.

Capítulo 2: ECMO (Extracorporeal membrane oxygenation)

2.1 Indicaciones y contraindicaciones

A continuación se exponen las diferentes indicaciones, así como las contraindicaciones para la implantación del dispositivo ECMO ⁽⁴⁾:

Condiciones en las que se debe considerar la implantación de la ECMO, ya que se asocia habitualmente con resultados favorables (indicaciones):

- Insuficiencia respiratoria (edad < 65 años)
 - Síndrome de dificultad respiratoria aguda con lesión pulmonar primaria por infección, aspiración o traumatismo.
 - Disfunción primaria del injerto después del trasplante de pulmón (dentro de los primeros 7 días).
 - Vasculitis pulmonar.

- Insuficiencia cardíaca (edad < 65 años)
 - Miocarditis fulminante aguda.
 - Miocardiopatía, en los casos de primera presentación.
 - Fracaso primario del injerto tras trasplante de corazón o corazón y pulmón.
 - Shock cardiogénico o infarto agudo de miocardio sin insuficiencia orgánica múltiple.
 - Sobredosis de drogas con depresión cardíaca profunda o arritmia.
 - Embolia pulmonar con shock cardiogénico.
 - Paro cardíaco hospitalario (con ECMO iniciado en los primeros 60 minutos).
 - Cirugía postcardíaca.

Condiciones en las que a menudo se considera el uso de la ECMO, pero el resultado es variable (indicaciones relativas):

- Insuficiencia respiratoria
 - Síndrome de dificultad respiratoria aguda por lesión pulmonar secundaria (es decir, en casos de sepsis intraabdominal o quemaduras).
 - Receptores de trasplante de pulmón de 7 a 30 días después del trasplante.
 - Receptor de trasplante de pulmón después de 30 días y adecuado para retrasplante de ECMO.
 - Edad > 65 años (cualquier causa).

- Insuficiencia cardíaca.
 - Miocardiopatía crónica con insuficiencia cardíaca aguda grave o sepsis.
 - Shock cardiogénico isquémico con insuficiencia orgánica múltiple o sepsis.
 - Receptor de trasplante de corazón con rechazo crónico y en etapa terminal de insuficiencia cardíaca y adecuado para dispositivo de asistencia ventricular y retrasplante.
 - Edad > 65 años (cualquier causa).

Dispositivo de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) en el shock cardiogénico:
características y cuidados de enfermería

Condiciones en las que no se debe utilizar la ECMO, ya que la supervivencia es muy baja (contraindicaciones relativas):

- Insuficiencia respiratoria
 - Enfermedad pulmonar intersticial o fibrosis pulmonar.
 - Rechazo crónico del trasplante de pulmón.
 - Fibrosis quística.
 - La enfermedad pulmonar restrictiva aguda grave con radiografía de tórax que sugiere neumonía organizada criptogénica, se debe realizar una biopsia antes de instituir la ECMO si se sospecha esta afección.
 - Inmunodeprimidos a largo plazo (receptores de trasplante de corazón, renal, médula ósea, VIH, enfermedad pulmonar de injerto contra huésped).
- Insuficiencia cardíaca
 - Regurgitación de la válvula aórtica o mitral de moderada a grave no reparada.

Condiciones en las que no se debe utilizar la ECMO (contraindicaciones absolutas):

- Presencia de insuficiencia orgánica crónica grave adicional (cirrosis, enfermedad renal terminal, insuficiencia hepática).
- Lesión cerebral grave.
- Malignidad.
- Edad mayor a 75 años.

2.2 Ventajas del dispositivo ECMO

Las ventajas de la utilización del dispositivo ECMO respecto a otros sistemas de asistencia mecánica circulatoria son ⁽¹⁴⁾:

- El inicio de la ECMO es rápido, instaurado mediante canulación periférica.
- La técnica de implantación es poco agresiva, por lo que es mejor tolerada en los pacientes críticos.
- No necesita toracotomía, por lo que permite continuar con las medidas de resucitación cardiopulmonar en los pacientes con parada cardíaca.
- Proporciona soporte pulmonar, univentricular o biventricular.
- Se ha demostrado que es eficaz como puente a la recuperación, a una asistencia ventricular de larga duración o al trasplante cardíaco.
- Su uso es más económico que otros dispositivos de asistencia ventricular.

2.3 Modalidades de ECMO

Se diferencian dos tipos principales de ECMO: venovenosa (VV) y venoarterial (VA) ⁽¹⁸⁾.

2.3.1 ECMO venovenosa

La ECMO VV se utiliza en los pacientes con insuficiencia respiratoria severa cuando el uso de un respirador artificial no es suficiente para proporcionar un intercambio de gases adecuado. Se utiliza mayoritariamente en: pacientes con síndrome de dificultad respiratoria, en aquellas personas que retienen dióxido de carbono a pesar del apoyo ventilatorio, en neumonía, embolia

pulmonar aguda, y en pacientes deteriorados que se encuentran esperando un trasplante de pulmón. En esta modalidad de ECMO no se realiza un soporte cardíaco, solo es respiratorio.

La ECMO VV funciona extrayendo sangre del cuerpo, a continuación, se transporta a través de un circuito donde se elimina el dióxido de carbono y se oxigena la sangre, y finalmente se devuelve al sistema venoso corporal. En este tipo de ECMO se utiliza frecuentemente la vena femoral para la cánula de drenaje y la yugular interna para la cánula de retorno (*Figura 2A*), aunque también se pueden utilizar ambas venas femorales (*Figura 2B*)⁽¹⁹⁾.

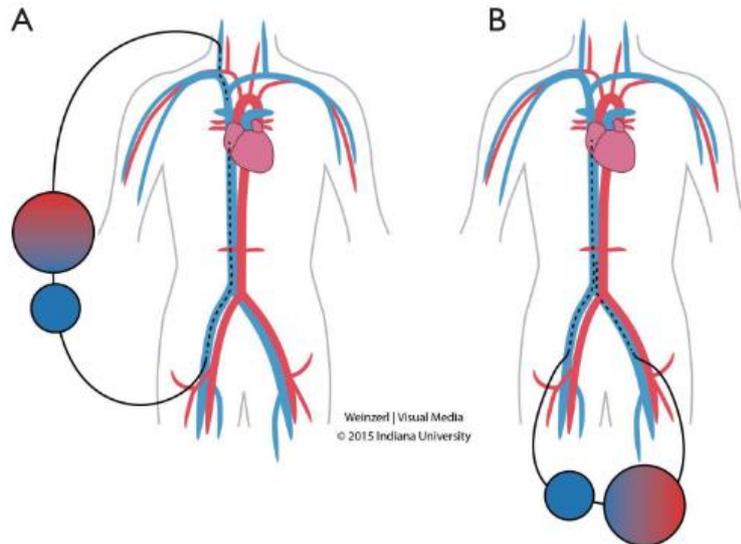


Figura 2: modalidades de canulación en la ECMO VV⁽¹⁹⁾.

La cánula de drenaje es la más larga de las dos, generalmente presenta un tamaño de 24 F (French). La cánula de retorno suele ser de menor calibre, de 18 o 20 F (dependiendo del tamaño corporal del paciente). A medida que la sangre circula desde la cánula de drenaje a través del circuito y de regreso a la cánula de retorno, los profesionales de enfermería deben vigilar que el cambio de color sanguíneo sea el adecuado. La sangre desoxigenada que proviene de la cánula de drenaje será de color rojo oscuro, mientras que la sangre oxigenada de la cánula de retorno presentará un color rojo brillante. Si las dos cánulas tienen un color rojo brillante, una de las causas podría ser que se esté produciendo recirculación sanguínea. Esto sucede, cuando las cánulas de drenaje y las de retorno están demasiado juntas. Por ello, la cánula de drenaje succiona la sangre oxigenada de la cánula de retorno, haciendo que vuelva repetidamente a través del circuito, no permitiendo que el paciente se beneficie de la ECMO.

Complicaciones en la ECMO VV

Los pacientes con cualquier tipo de canulación femoral deben mantenerse con un nivel correcto de sedación para evitar la decanulación accidental, que puede ocurrir por movimientos excesivos y erráticos, o por acodaduras en las cánulas. Estos eventos de decanulación están relacionados con pacientes despiertos y que pueden moverse.

La mayoría de los pacientes portan un dispositivo ECMO debido a un evento agudo y, por tanto, la sedación a corto plazo no genera un problema. Los profesionales de enfermería deben verificar el estado neurológico del paciente periódicamente, así como deben prevenir la aparición de lesiones cutáneas que se pueden producir por el estado de inmovilidad temporal.

Retirada de la ECMO VV

Cuando se procede a retirar un dispositivo ECMO VV, hay dos consideraciones principales que debemos vigilar: barrido y fracción de oxígeno inspirado (FIO_2). El barrido corresponde con la eliminación de dióxido de carbono a través del aire medicinal que se inyecta a través del circuito ECMO. La FIO_2 es el aire enriquecido con oxígeno que se bombea al circuito ECMO (debe oscilar entre el 21% y el 100%).

Antes de realizar la desconexión de la ECMO, se debe ajustar el ventilador a unos valores mínimos: una presión positiva al final de la espiración (PEEP) de 5 cm H_2O y una FIO_2 entre el 50% y el 60%. Esto es importante para que durante la decanulación tengamos margen para aumentar la configuración del ventilador, si el paciente no tolera adecuadamente la retirada de la ECMO. Una vez que se logran estos ajustes, generalmente está permitido suspender la ECMO VV.

2.3.2 ECMO venoarterial

En la ECMO VA se extrae sangre desoxigenada del cuerpo, pasando por un circuito que tiene un oxigenador regresando al sistema arterial, generalmente a través de la arteria femoral (*Figura 3A*), aunque también se puede utilizar la axilar (*Figura 3B*) o carótida (*Figura 3C*)⁽¹⁹⁾. Lo que realiza el circuito de la ECMO VA, es evitar tanto los pulmones como el corazón. A diferencia de la ECMO VV, proporciona soporte respiratorio y cardíaco.

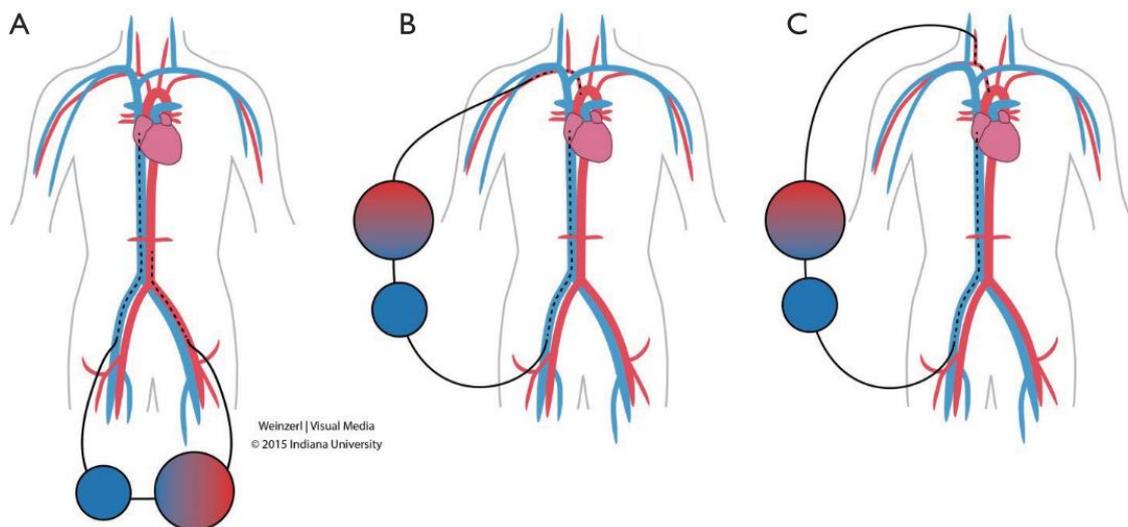


Figura 3: modalidades de canulación en la ECMO VA⁽¹⁹⁾.

Entre los pacientes que reciben ECMO VA se encuentran los que padecen shock cardiogénico, insuficiencia cardíaca descompensada, falta de desconexión del bypass cardiopulmonar durante la cirugía cardíaca y como puente hacia un dispositivo más permanente, como por ejemplo un dispositivo de asistencia ventricular izquierdo. La perfusión de los órganos corporales durante la ECMO VA depende del gasto cardíaco del paciente y del flujo proporcionado por el dispositivo ECMO.

El funcionamiento de la ECMO depende de la precarga y poscarga, motivo por el cual, los profesionales de enfermería deben observar las posibles reducciones en el flujo debido a la disminución del flujo de entrada (por hipovolemia, trombosis o neumotórax a tensión) o al aumento de la poscarga (obstrucción mecánica de la cánula, aumento de la resistencia vascular

sistémica, o aumento de la presión auricular). Se ha demostrado que la utilización de ECMO en casos de parada cardíaca, se asocia con mayores tasas de supervivencia que con las maniobras de reanimación cardiopulmonar convencional ⁽²⁰⁾.

Complicaciones en la ECMO VA

En los casos de utilización de la canulación en la vena y arteria femorales se puede producir un flujo retrógrado, lo que significa que el flujo sanguíneo de la ECMO va en contra de la dirección normal del flujo del cuerpo. En aquellos pacientes con disfunción cardíaca, se debe tener precaución con la cantidad de flujo que se proporciona a través de ECMO, ya que un flujo elevado puede causar una poscarga excesiva y evitar que el ventrículo izquierdo se contraiga, lo que puede conducir a distensión ventricular izquierda o trombosis.

Con el uso de la ECMO VA, el flujo sanguíneo fisiológico del cuerpo puede competir con el flujo retrógrado de la asistencia, esto se vuelve clínicamente importante cuando los pulmones están gravemente comprometidos y la sangre desoxigenada pasa por el ventrículo izquierdo, lo que puede provocar hipoxemia en las partes superiores del cuerpo y se conoce como síndrome norte-sur. Los profesionales de enfermería deben estar atentos a este evento adverso valorando la perfusión de los tejidos corporales en diferentes zonas. Cuando se realiza una gasometría arterial, debe extraerse la muestra sanguínea exclusivamente de la arteria radial derecha para conseguir la lectura más precisa de la oxigenación de la sangre al corazón y al cerebro.

Otro problema que se observa con la canulación de la arteria femoral y el flujo retrógrado es la isquemia de las extremidades inferiores. Esto es debido a que la cánula ocluye parcialmente la arteria, además, el flujo proporcionado por la ECMO puede desviar el flujo sanguíneo fisiológico de manera retrógrada, lo que puede provocar isquemia de los miembros inferiores. Las enfermeras deben valorar al paciente para evitar esta posible complicación, y se debe tener en cuenta que, con la ECMO VA hay una pulsatilidad mínima, por lo que será poco probable encontrar un pulso palpable. Podemos utilizar la ecografía Doppler para localizar el pulso de la arteria dorsal del pie y las arterias tibiales posteriores. Los pulsos arteriales deben valorarse con una frecuencia mínima de cuatro horas, o con mayor frecuencia si hay algún indicio de llegar a desarrollar isquemia de los miembros inferiores. En caso de que la isquemia se produzca es importante detectarla rápidamente y notificar al facultativo inmediatamente.

Para evitar la complicación comentada anteriormente, en general se coloca un catéter de reperfusión, que se inserta en la arteria femoral, de forma distal a la cánula arterial principal. Con ello, se consigue desviar la sangre desde el circuito ECMO hacia la parte distal de la pierna a través de la arteria femoral, devolviendo el flujo sanguíneo y evitando la isquemia de la extremidad. Se ha demostrado que en los casos en los que directamente se ha insertado el catéter de reperfusión junto con el catéter de la ECMO VA, se ha conseguido disminuir la isquemia de los miembros inferiores de estos pacientes.

No se ha llegado a un consenso general sobre cuánto tiempo se beneficiaría un paciente de la utilización de la ECMO VA. La mayor parte de la literatura científica afirma que hasta una semana suele ser tiempo suficiente para recuperar la función del órgano. Pasado este tiempo, se realizan ecocardiogramas de reducción para ver si el paciente va a tolerar la retirada del dispositivo. Los médicos valorarán la función del corazón a medida que disminuyen el flujo de la ECMO. Si los signos vitales del paciente permanecen en rangos estables y la función cardíaca parece haber regresado, la decanulación será el siguiente paso.

Si al realizar el ecocardiograma de reducción, el paciente no es susceptible de retirar el dispositivo, se valorará la implantación de un dispositivo de asistencia más permanente.

A continuación se expone una tabla a modo resumen de las principales diferencias entre las dos modalidades de ECMO ⁽¹⁹⁾:

Principales diferencias entre la ECMO venovenosa y venoarterial	
ECMO VV	ECMO VA
Proporciona soporte pulmonar	Proporciona soporte cardiaco y pulmonar
Solo requiere canulación venosa	Requiere canulación venosa y arterial
Mantiene el flujo de sangre pulmonar	Evita la circulación pulmonar
No puede utilizarse en los casos de fallo del ventrículo derecho	Se puede utilizar en los casos de fallo del ventrículo derecho
El circuito ECMO está conectado en serie con el corazón y los pulmones	El circuito ECMO está conectado en paralelo con el corazón y los pulmones
Se necesitan tasas de perfusión más altas	Se necesitan tasas de perfusión más bajas
Se logra una menor presión parcial de oxígeno (PaO ₂)	Se logra una mayor presión parcial de oxígeno (PaO ₂)

Tabla 2: diferencias principales entre la ECMO VV y VA.

2.4 Componentes de la ECMO

El dispositivo de asistencia mecánica circulatoria ECMO se compone de los siguientes elementos conectados en serie ⁽¹⁴⁾: cánula de drenaje (venosa), línea venosa, bomba centrífuga, oxigenador, línea arterial y cánula de retorno (venosa o arterial).

Cánulas

En el circuito del dispositivo ECMO se utilizan dos cánulas:

- **Drenaje:** se conecta a la línea venosa del dispositivo y es la encargada de recoger la sangre desoxigenada de una vena del paciente.
- **Retorno:** conectada a la línea arterial del dispositivo y devuelve la sangre oxigenada a través de una vena o arteria del paciente.

Se utiliza frecuentemente la canulación periférica por sus ventajas, como son la rapidez y facilidad de instaurar la asistencia cardiopulmonar. Además, presenta menor tasa de complicaciones hemorrágicas e infecciones. El flujo obtenido a través de la canulación periférica no es menor al que se obtiene con la modalidad central.

Las cánulas están fabricadas con poliuretano y reforzadas con anillos de acero inoxidable, lo que les confiere flexibilidad y resistencia. También poseen la característica de ser radiopacas, lo que es útil para identificarlas en las pruebas de imagen.

Líneas venosa y arterial

La línea venosa es la encargada de transportar la sangre desoxigenada, mientras que la línea arterial transporta la sangre oxigenada. Están compuestas de cloruro de polivinilo, lo que las dota de dureza, transparencia, flexibilidad y resistencia frente al acodamiento.

Bomba centrífuga

Es un recipiente que posee una serie de aspas, actuando como propulsor de la sangre. La rotación de dichas aspas provoca una presión negativa en la conexión de entrada a la bomba, por lo que la sangre es atraída hacia la misma. En el otro extremo de la bomba, se produce una presión positiva, lo que provoca la expulsión de la sangre desde la bomba.

La bomba centrífuga no es oclusiva, esto significa que si se detiene o enlentece lo suficiente, el flujo sanguíneo puede ser retrogrado, y se puede llegar a formar una fistula arteriovenosa, en este caso habrá que pinzar primero la línea arterial y luego la línea venosa, por ello habrá que tener siempre dos pinzas cercanas al sistema ⁽²¹⁾. Las bombas deben tener instalado un medidor del flujo sanguíneo, ya que no es posible calcularlo teniendo solo en cuenta las revoluciones por minuto de la misma. Las bombas centrífugas utilizadas en la actualidad para ECMO se pueden clasificar según el tiempo de uso en:

- Larga duración: pueden ser utilizadas de forma continuada durante 14 días. Las más empleadas son la bomba Rotaflow, con un volumen de cebado de 32 ml y la Levitronix®, con un volumen de 31 ml.
- Corta duración: que precisan ser cambiadas cada 3 o 4 días. Las más empleadas son la bomba Bio-Pump Plus, con un volumen de cebado de 80 ml y la Deltastream DP2®, con un volumen de 18 ml.

Oxigenador

Está compuesto por dos cámaras, una gaseosa y otra sanguínea, separadas por una membrana. El funcionamiento del oxigenador está sustentado por la ley de Fick, que establece que la velocidad de difusión es proporcional al gradiente de presión parcial del gas en la dirección de la difusión.

Actualmente se utilizan oxigenadores para ECMO de larga duración, incluso de varias semanas. Contienen fibras de polimetilpenteno, gracias a ello son impermeables al plasma. Entre los oxigenadores más empleados encontramos: Medos Hilite LT 7000 (volumen de cebado 275 ml), Jostra Quadrox PLS (volumen de cebado 250 ml) y Dideco EOS ECMO (volumen de cebado 150 ml).

Mezclador oxígeno-aire

Con esta máquina se regula la proporción oxígeno-aire (FiO_2) y el flujo que entra a la fase gaseosa del oxigenador. El aire y oxígeno se suministra a través de las tomas centrales del box o habitación. Cuando sea necesario transportar al paciente con terapia ECMO, se desconectarán las tomas centrales y se oxigenará sólo con el O_2 de una bala de transporte, seleccionando un flujo de oxígeno de 15 litros por minuto.

Consola

Es la encargada de controlar la hemodinámica del sistema ECMO. Suministra la fuerza electromotriz a la bomba, regula su funcionamiento y gestiona la información recibida de los sensores hemodinámicos del circuito. Uno de los modelos más utilizados es el Cardiohelp.

2.5 Implantación del dispositivo ECMO

El implante del dispositivo ECMO es sencillo y el abordaje a los vasos sanguíneos suele ser periférico, aunque si es necesario, se puede realizar una canulación central. La canulación de forma periférica es más rápida, por lo que está indicada en los pacientes críticos y que tengan dificultades para ser trasladarlos a quirófano. Cuando se realiza la canulación periférica, la arteria femoral suele ser la de elección. Se puede realizar de forma percutánea con la técnica Seldinger o por disección abierta ⁽²¹⁾.

La canulación central proporciona mayor descompresión del corazón que la periférica y mejor oxigenación de la parte superior del cuerpo, aunque requiere de esternotomía para su implantación y también para la decanulación. Además presenta mayor tasa de hemorragias que la modalidad periférica ⁽²²⁾.

Se puede realizar la implantación del dispositivo ECMO en un box de la unidad de cuidados intensivos con técnica estéril, en este caso se llevará a cabo por el equipo de cirugía cardíaca (cirujanos y enfermería) y perfusionista. Para elegir las cánulas, se tendrá en cuenta el tamaño de los vasos sanguíneos, eligiendo los de mayor calibre que aseguren el flujo sanguíneo necesario. En la ECMO VA y en la ECMO VV se utiliza frecuentemente la canulación de la vena femoral para el drenaje sanguíneo, quedando situada en la zona distal en la vena cava inferior. La cánula de retorno se situará frecuentemente en la vena yugular interna derecha (en la ECMO VV) y en la arteria femoral (en la ECMO VA). Se debe tener en cuenta la situación del paciente antes de la instauración de la ECMO, de esta forma podemos valorar la evolución de la reperfusión y de los diferentes parámetros ⁽²¹⁾.

Preparación del paciente:

- Si el paciente está consciente, informarle de lo que se le va a realizar.
- Colocar o cambiar de lugar catéteres, sondas y drenajes. Insertar un catéter arterial (CA) en la extremidad superior derecha y el catéter Swan-Ganz, antes de iniciar la terapia. La inserción ideal del CA será en arteria radial derecha, ya que se considera la zona más distal con respecto al punto de entrada de la sangre oxigenada de la ECMO. Esto nos asegurará una correcta perfusión/oxigenación cerebral y miocárdica.
- Colocar el pulsioxímetro en la extremidad superior derecha, por el mismo motivo que el CA.
- Cursar analítica completa, reserva de sangre y solicitar al menos dos concentrados de hematíes y tenerlos preparados para conseguir una hemoglobina post-conexión de 10 mg/dl.
- Asegurar una vía de fácil acceso para administrar medicación durante la canulación e instauración del tratamiento.
- Se deberá monitorizar la saturación de oxígeno en la parte inferior del cuerpo y en la zona superior. Por lo tanto, habrá que colocar un sensor en la frente y otro en ambos pies.

Dispositivo de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) en el shock cardiogénico:
características y cuidados de enfermería

- Preparación de medicación: perfusiones de drogas vasoactivas, conectadas al paciente y preparadas para perfundir en caso necesario.
- Perfusión de heparina sódica a una concentración de 12.500 UI en 250 ml de suero glucosado 5%. Preparar la antibioticoterapia profiláctica (Ceftazidima 2 g y Teicoplanina 400 mg) que administraremos media hora antes de la inserción de las cánulas. Preparar la sedación y analgesia pautada. A veces es necesario realizar relajación muscular.
- Se deberá realizar un control de la anticoagulación mediante la determinación del tiempo de coagulación activada (TCA).
- Preparación de la zona: rasurar desde el ombligo hasta la rodilla en caso de canulación femoral y desde el ángulo superior de la mandíbula hasta zona superior del pecho en caso de ser yugular.
- Según el protocolo "Bacteriemia Zero", la desinfección de la piel debe realizarse preferiblemente con clorhexidina y dejar secar.
- Disponer del material necesario para la canulación y los componentes del circuito que aportará el equipo de perfusión.

Cuidados durante la canulación:

- Realizar un control y registro hemodinámico del paciente.
- Administrar la medicación necesaria. Tener en cuenta que es posible que tengamos que transfundir.
- Proporcionar el material necesario al cirujano y al perfusionista.
- Una vez estén insertadas las guías, administraremos un bolo de heparina de 1 mg/Kg de peso para conseguir un TCA entre 160-180 segundos y continuaremos con la perfusión de heparina a dosis de 2 mg/Kg.
- Registraremos la hora de colocación de la ECMO y de las posibles incidencias.
- Una vez que se ha implantado el dispositivo ECMO, se deberá conseguir mantener una presión arterial media > 60 mmHg, un flujo inicial de 50-80 ml/Kg/minuto, una presión venosa central (PVC) entre 8-10 mmHg y garantizar una diuresis > 20 ml por hora.
- Cuando se finaliza la colocación de la ECMO, se deben realizar gasometrías sanguíneas cada 8 horas. Se deberá recoger la muestra desde el punto más distal a la entrada de la sangre, siendo los objetivos respiratorios a conseguir:
 - Saturación arterial de O₂: en ECMO VA > 95 % y en ECMO VV entre el 85-92 %.
 - PaO₂ > 60 mmHg.
 - PaCO₂ entre 35-45 mmHg.
 - pH entre 7,35-7,45.

2.6 Desconexión del dispositivo ECMO

Para garantizar una correcta desconexión del dispositivo ECMO se deberá disminuir progresivamente el flujo durante 24 horas y valorar si es bien tolerado por el paciente. Cuando se alcanza un flujo menor a 2 litros/minuto y hay estabilidad clínica, se puede desconectar el ECMO. A medida que se disminuye el flujo aportado por el dispositivo hay que aumentar los parámetros de la ventilación mecánica ⁽²¹⁾.

Durante la decanulación se debe prestar especial supervisión a la anticoagulación, porque al disminuir el flujo aportado se debe aumentar dicha anticoagulación. Cuando se disminuye el flujo por debajo de 1,5 litros/minuto, el TCA debe situarse por encima de los 200 segundos.

2.7 Complicaciones generales de la ECMO

Las complicaciones durante el uso del dispositivo ECMO son frecuentes. En ocasiones se relacionan con la propia patología que ha requerido el uso de la ECMO o también provocadas por el mismo dispositivo, como pueden ser complicaciones de la canulación, de las tubuladuras del circuito o de la anticoagulación farmacológica.

La ECMO VV, cuya finalidad es la de soporte pulmonar tiene menos complicaciones que la de apoyo cardiogénico (ECMO VA). Atendiendo a la edad, los niños presentan menos complicaciones que los adultos, exceptuando las neurológicas ⁽¹⁴⁾.

La complicación más frecuente durante la ECMO es la **hemorragia** (10-30 %). Puede ocurrir en el lugar de la canulación o en la zona de un proceso invasivo previo. El sangrado es mayor por la heparinización sistémica empleada, la alteración de la función de las plaquetas y la hemodilución del factor de coagulación. Con el objetivo de controlar la hemorragia, se puede reducir o detener la administración de heparina, infundir plaquetas y/o factores de coagulación.

La hemorragia pulmonar también es relativamente común en los pacientes a los que se les somete a ECMO, para manejarla se incluye el control del sangrado mencionado con anterioridad, la utilización de esteroides y la broncoscopia para despejar la vía respiratoria. Otras complicaciones son la hemorragia intracraneal y el infarto. Un 43 % de las defunciones en pacientes con ECMO se asoció con hemorragia intracraneal.

Las **complicaciones neurológicas** son más frecuentes en los recién nacidos en los que se utiliza ECMO; hemorragia intracraneal (11 %), convulsiones (7 %) e infarto (3,5 %). Los adultos presentan la incidencia más baja de complicaciones neurológicas; infarto (4 %), hemorragia intracraneal (2 %) y convulsiones (2 %). Los pacientes que presentan complicaciones neurológicas tienen una menor supervivencia hospitalaria ⁽²³⁾.

Otras complicaciones: hipertensión arterial y arritmias como consecuencia de la hipoxia, del desequilibrio electrolítico o de una patología cardíaca subyacente. A nivel renal es relativamente frecuente la oliguria. En el tracto gastrointestinal pueden aparecer hemorragias. Además, los pacientes sometidos a ECMO pueden presentar cálculos biliares asociados a la nutrición parenteral, el ayuno prolongado, la hemólisis y el uso de diuréticos. Pueden producirse **complicaciones sépticas**, ya que la manipulación del circuito aumenta el riesgo de infección ⁽²¹⁾.

La **complicación mecánica** más frecuente son los coágulos en el circuito, pudiendo provocar fallos en el oxigenador y embolia pulmonar o sistémica. Actualmente se utilizan sistemas recubiertos de heparina con el fin de reducir esta complicación ⁽²⁴⁾.

Las complicaciones relacionadas con la canulación son infrecuentes (< 5 %): perforación de vasos sanguíneos con hemorragia, disección arterial, isquemia distal y ubicación incorrecta de la cánula. Además, se puede provocar un pseudoaneurisma en el lugar de inserción. Puede producirse trombosis cardíaca secundaria al flujo retrogrado en la aorta ascendente.

La hipoxia coronaria o cerebral puede aparecer durante la asistencia con ECMO VA, ya que primero se infundirá de sangre saturada las EEII y los órganos abdominales. Se debe monitorizar la saturación de oxihemoglobina en las EESS y EEII para evitar esta complicación.

Capítulo 3: Cuidados de enfermería

Un paciente que requiere soporte con el dispositivo ECMO se encuentra en un estado crítico. Es crucial que los profesionales de enfermería brinden unos cuidados de calidad mientras realizan una valoración continua a estos pacientes. Es de vital importancia ser capaces de detectar cambios a nivel neurológico, como puede ser el aumento de tamaño en las pupilas, cambios en el color y la temperatura de la piel, un descenso de la saturación de oxígeno o variaciones significativas de la presión arterial. Todo esto puede significar un cambio en el estado de un paciente bajo soporte ECMO, y es vital que enfermería reconozca inmediatamente estas variaciones y tome las medidas apropiadas. A continuación se enumeran una serie de cuidados de enfermería que deberán realizarse al paciente portador de un dispositivo ECMO ⁽²⁵⁾:

- **Verificación del sistema:**
 - Asegurar un correcto funcionamiento de la consola, ausencia de alarmas y revisión de los límites, adaptándolos a cada paciente.
 - Comprobar el modo de funcionamiento de la consola: revoluciones por minuto (RPM) o flujo.
 - Verificar el correcto funcionamiento del módulo de normotermia: encendido, nivel de agua y temperatura correcta (en caso de nivel bajo, se debe rellenar el nivel con agua del grifo).
 - Verificar ausencia de fibrina, trombos y/o aire en el oxigenador y en las líneas, se debe realizar al menos dos veces por turno, para ello se utilizará una linterna de tipo LED.
 - Comprobar la correcta fijación de las cánulas y tubuladuras, revisando las conexiones y evitando que se produzcan acodaduras.
 - Comprobar el caudalímetro de gases y controlar los parámetros del mezclador de oxígeno y aire.
 - Asegurar la presencia y correcto llenado de bala de oxígeno.
 - Comprobar la presencia del sistema de bombeo manual.
 - Asegurar la presencia de un mínimo de 4 pinzas o clamps sin dientes.

- **Registro de parámetros:** Se debe llevar a cabo un registro cada 3 horas máximo de los siguientes parámetros:
 - En la consola: revoluciones por minuto (RPM), flujo, saturación de oxígeno, presión de la cánula arterial y venosa, presión interna del oxigenador y gradiente de presiones.
 - En el mezclador de gases: FiO₂ y litros por minuto del caudalímetro.

- **Cuidados del paciente:**
 - Mantener al paciente en posición de decúbito supino con el cabecero ligeramente incorporado.
 - Realizar la higiene de los ojos y bucal según el protocolo del centro, vigilando la aparición de sangrados.
 - Reducir al mínimo las manipulaciones que puedan acarrear un riesgo de sangrado, como la aspiración de secreciones o la higiene bucal.
 - Vigilar la presencia de sangrado en las deposiciones.
 - Las movilizaciones se realizarán preferentemente en bloque, priorizando el giro hacia el lado canulado. Es importante realizar una vigilancia exhaustiva de las cánulas durante cualquier movilización.

Dispositivo de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) en el shock cardiogénico:
características y cuidados de enfermería

- En la monitorización con pulsioxímetro, colocar este en el miembro más distal a la zona de retorno.
- Se debe realizar un control y registro del índice biespectral (BIS) horario. El control pupilar debe realizarse mínimo dos veces por turno.
- Se realizarán análisis sanguíneos cuando lo indique el facultativo responsable del paciente, desechando 5 ml previamente a realizar la extracción.
- Realizar la cura de los puntos de canulación cada 24 horas, para ello se utilizará Clorhexidina alcohólica. Se deberán proteger las zonas de inserción con los apósitos de protección más indicados según el caso.
- Es recomendable mantener cierta elevación de la extremidad canulada, para ello podremos asistirnos con ayuda de unas almohadas.
- Prestar apoyo psicológico al paciente y a sus familiares es esencial. Se deberá valorar con su facultativo responsable la posibilidad de cursar una interconsulta al servicio de psiquiatría.
- Es conveniente realizar ejercicios de fisioterapia motora y respiratoria, adaptándolos a las características del paciente.
- Hay que asegurar que se aplican el resto de protocolos respecto al cuidado del paciente de la unidad, como pueden ser el de Bacteriemia Zero, Neumonía Zero, nutrición enteral y sondaje vesical.

3.1 Consideraciones sistémicas

A continuación, se desarrollan una serie de consideraciones a tener en cuenta cuando se prestan cuidados a los pacientes portadores de un dispositivo ECMO ⁽²⁵⁾:

- **Cardiovascular:** es de vital importancia controlar y mantener una correcta perfusión sistémica, así como del volumen intravascular. Podemos medir los cambios en el volumen mediante la presión venosa central, la diuresis, el peso corporal y los signos físicos de perfusión. Se debe asegurar un gasto cardíaco correcto mediante el uso de fármacos inotrópicos. Además, se debe realizar una ecocardiografía de forma periódica para valorar el estado del corazón.
- **Pulmonar:** el paciente portador de un dispositivo ECMO requiere aspiración endotraqueal cada 4 horas, realización de radiografía de tórax diariamente y de broncoscopia cuando lo precise. En algunos pacientes se ha utilizado PEEP (presión positiva al final de la espiración) alta para evitar las atelectasias.
- **Renal:** en las primeras 24-48 horas después de la canulación, los pacientes pueden tener una fase oligúrica porque el circuito ECMO provoca una reacción inflamatoria aguda, que conlleva fuga capilar y disminución del volumen intravascular. A las 48 horas se puede observar uno de los primeros signos de recuperación en estos pacientes, es la fase diurética. Si la fase oligúrica persiste durante más de 48 horas, se pueden emplear diuréticos para corregirlo.
- **Sistema nervioso central (SNC):** el 48 % de los pacientes que recibieron ECMO durante más de 12 horas, presentaron complicaciones del SNC. Se recomienda realizar exámenes neurológicos de forma periódica para detectar este tipo de complicaciones.
- **Infecciones:** se deben asegurar las correctas medidas de asepsia para evitar las infecciones. Hay que realizar cultivos del circuito, por lo menos una vez a la semana o en los casos en los que se sospeche de una infección.

Dispositivo de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) en el shock cardiogénico:
características y cuidados de enfermería

- **Hematología:** la hemoglobina del paciente debe situarse por encima de 8 g/dL. Durante la utilización de la ECMO se deben suministrar plaquetas, asegurando un recuento mínimo de 100.000 por microlitro.
- **Nutrición, líquidos y electrolitos:** se debe realizar un control estricto del líquido corporal, así como de los electrolitos, sobre todo del potasio, magnesio, fósforo y calcio ionizado. Hasta los 3 primeros días después de la implantación de la ECMO, el peso del paciente aumenta por la necesidad de reponer líquidos, debido a la fase oligúrica mencionada anteriormente.

3.2 Figura del perfusionista

Según la Asociación Española de Perfusionistas, se definen a sí mismo como profesionales graduados en Enfermería, responsables del mantenimiento de la homeostasis de los pacientes intervenidos quirúrgicamente, con el objetivo de sustituir las funciones cardíacas y/o pulmonares durante la cirugía.

Son profesionales de enfermería encargados de controlar y mantener la circulación extracorpórea mientras dure la intervención. Para un perfusionista es vital conocer multitud de procesos médico-quirúrgicos, con el objetivo de lograr realizar sus tareas clínicas, y entre ellas se encuentra el manejo del dispositivo de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) ⁽²⁶⁾.

En el artículo “Historia del ECMO” publicado por Díaz R. et al. en 2017, se indica que el objetivo principal del perfusionista es mantener la seguridad del paciente durante la intervención y cuando es trasladado a otro servicio ⁽¹⁰⁾. Las principales funciones clínicas de un perfusionista son ⁽²⁶⁾:

- Bypass cardiopulmonar.
- Oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO).
- Asistencia circulatoria.
- Inducción de hipotermia/hipertermia.
- Técnicas de hemodilución.
- Técnicas de plasmaféresis.
- Monitorización de la anticoagulación.
- Técnicas de protección miocárdica.
- Técnicas de conservación de sangre.
- Monitorización de constantes vitales.
- Monitorización de gases en sangre.
- Balón intraaórtico de contrapulsación.
- Técnicas de preservación de órganos.
- Tratamiento de tumores, con técnicas de perfusión aislada.
- Técnicas de hemofiltración.
- Técnicas específicas de perfusión infantil.
- Parada circulatoria.

Reflexiones

- El shock cardiogénico es una situación grave producida por el deterioro del rendimiento miocárdico, en la que el corazón no es capaz de bombear la sangre requerida por el organismo para satisfacer sus necesidades.
- El síndrome coronario agudo es la principal causa del SC, aunque existen otras causas, como las infecciones, la hipovolemia y el uso de fármacos antihipertensivos.
- La clasificación SCAI del SC ha demostrado ser clínicamente aplicable y de fácil utilización para establecer el estadio del shock.
- El dispositivo de asistencia mecánica circulatoria ECMO, se utiliza para tratar el SC de forma temporal.
- La utilización de la ECMO se plantea como terapia a la recuperación del paciente, como paso intermedio a la implantación de un dispositivo de asistencia ventricular o previo al trasplante cardíaco.
- Es de vital importancia prestar unos cuidados de enfermería adecuados en el uso de la ECMO, con el objetivo de evitar las posibles complicaciones derivadas de la utilización de este dispositivo.
- Entre las funciones clínicas del perfusionista, se encuentra el manejo de la ECMO.

Bibliografía

1. Baran DA, Grines CL, Bailey S, Burkhoﬀ D, Hall SA, Henry TD, et al. SCAI clinical expert consensus statement on the classification of cardiogenic shock: This document was endorsed by the American College of Cardiology (ACC), the American Heart Association (AHA), the Society of Critical Care Medicine (SCCM), and the Societ. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2019;94(1):29–37.
2. Orrego R, Gaete B. Soporte extracorpóreo en shock cardiogénico con ECMO venoarterial. *Rev Médica Clínica Las Condes.* 2022;33(3):282–93.
3. Chioncel O, Mebazaa A, Harjola VP, Coats AJ, Piepoli MF, Crespo-Leiro MG, et al. Clinical phenotypes and outcome of patients hospitalized for acute heart failure: the ESC Heart Failure Long-Term Registry. *Eur J Heart Fail.* 2017;19(10):1242–54.
4. Han JJ, Swain JBD. The Perfect ECMO Candidate. *J Am Coll Cardiol* [Internet]. 2018;71(10):1178–82. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.02.001>
5. Chioncel O, Parissis J, Mebazaa A, Thiele H, Desch S, Bauersachs J, et al. Epidemiology, pathophysiology and contemporary management of cardiogenic shock – a position statement from the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology. *Eur J Heart Fail.* 2020;22(8):1315–41.
6. Vahdatpour C, Collins D, Goldberg S. Cardiogenic Shock. *J Am Heart Assoc.* 2019;8(8):1–12.
7. Tewelde SZ, Liu SS, Winters ME. Cardiogenic Shock. *Cardiol Clin* [Internet]. 2018;36(1):53–61. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ccl.2017.08.009>
8. Van Diepen S, Katz JN, Albert NM, Henry TD, Jacobs AK, Kapur NK, et al. Contemporary Management of Cardiogenic Shock: A Scientific Statement from the American Heart Association. Vol. 136, *Circulation.* 2017. 232–268 p.
9. López-Cepero ÁV. Dispositivos de asistencia mecánica circulatoria. *Anestesiari* [Internet]. 2018; Available from: <https://anestesiari.org/2018/dispositivos-asistencia-mecanica-circulatoria-i/>
10. Díaz R, Fajardo C, Rufs J. Historia Del Ecmo (Oxigenación Por Membrana Extracorpórea O Soporte Vital Extracorpóreo). *Rev Médica Clínica Las Condes.* 2017;28(5):796–802.
11. Peek GJ, Mugford M, Tiruvoipati R, Wilson A, Allen E, Thalanany MM, et al. Efficacy and economic assessment of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR): a multicentre randomised controlled trial. *Lancet* [Internet]. 2009;374(9698):1351–63. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)61069-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(09)61069-2)
12. Subramaniam K. Mechanical circulatory support. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* [Internet]. 2015;29(2):203–27. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bpa.2015.04.003>
13. Chera HH, Nagar M, Chang NL, Morales-Mangual C, Dous G, Marmur JD, et al. Overview of Impella and mechanical devices in cardiogenic shock. *Expert Rev Med Devices* [Internet]. 2018;15(4):293–9. Available from: <https://doi.org/10.1080/17434440.2018.1456334>
14. Torregrosa S, Paz Fuset M, Castelló A, Mata D, Heredia T, Bel A, et al. Oxigenación de membrana extracorpórea para soporte cardíaco o respiratorio en adultos. *Cirugía Cardiovasc.* 2009;16(2):163–77.

15. Menéndez Suso JJ. Asistencia ventricular. *An Pediatr Contin*. 2012;10(4):222–7.
16. María D, Blanchet J, Blanchet MJ. Dispositivos de asistencia ventricular en insuficiencia cardíaca avanzada. *Insuf Card* [Internet]. 2019;14(2):70–82. Available from: <http://www.insuficienciacardiaca.org>
17. Mehra MR, Cleveland JC, Uriel N, Cowger JA, Hall S, Horstmanshof D, et al. Primary results of long-term outcomes in the MOMENTUM 3 pivotal trial and continued access protocol study phase: a study of 2200 HeartMate 3 left ventricular assist device implants. *Eur J Heart Fail*. 2021;23(8):1392–400.
18. Calhoun A. Nursing care of adult patients on ECMO. *Crit Care Nurs Q*. 2018;41(4):394–8.
19. Makdisi G, Wang IW. Extra Corporeal Membrane Oxygenation (ECMO) review of a lifesaving technology. *J Thorac Dis*. 2015;7(7):E166–76.
20. Chen YS, Lin JW, Yu HY, Ko WJ, Jerng JS, Chang WT, et al. Cardiopulmonary resuscitation with assisted extracorporeal life-support versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with in-hospital cardiac arrest: an observational study and propensity analysis. *Lancet*. 2008;372(9638):554–61.
21. Asociación Española de Perfusionistas. Revista Española de Perfusión. *Rev Española Perfus* [Internet]. 2015;58:54. Available from: https://www.aep.es/revista/66/Revista_Esp_Perfusion_58.pdf
22. Mikus Elisa, Tripodi Alberto CS. CentriMag Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation Support as Treatment for Patients with Refractory Postcardiotomy Cardiogenic Shock. 2013;18–23.
23. F.A. Silva-Sieger, L. Salazar-Rojas, A. Castillo-Meza, R. Trillos-Leal, J.A. Mendoza-Sánchez, V. Rodríguez-Parra, A. Figueredo-Moreno, C. Pizarro-Gómez, A. Pabón-Moreno, A. Rincón-Chivata LAL-R. Complicaciones neurológicas asociadas al tratamiento con oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) en pacientes adultos. Estudio de una serie de casos. *Neurología* [Internet]. 2021;73:241–8. Available from: <https://neurologia.com/articulo/2020140>
24. Medina Ríos A, López Hernández Y, Alcocer Porras MJ. Cuidados enfermeros en el paciente adulto con terapia de ECMO. *Rev Española Perfus* [Internet]. 2014;(57):26–35. Available from: www.aep.es
25. Álvarez Méndez B IFB. Guía de manejo y cuidados de enfermería al paciente portador de ECMO. *Serv Salud del Principado Astur* [Internet]. 2017;1(Los cuidados de enfermería en un paciente portador de ECMO.):1–19. Available from: http://www.hca.es/huca/web/enfermeria/html/f_archivos/Protocolo ECMO.pdf
26. Asociación Española de Perfusionistas. Manual de calidad en perfusión. *Asoc Española Perfus*. 2014;10–5.