

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**PROTOCOLO PARA LA SELECCIÓN DE
PACIENTES Y SECUENCIA DE TRATAMIENTO
DE RESUCITACIÓN CARDIOPULMONAR EXTRA
CORPÓREO (ECPR) A TRAVÉS DE UN
PROGRAMA DE MEMBRANA DE OXIGENACIÓN
EXTRA CORPÓREA EN EMERGENCIAS (ED-
ECMO)**

**Tesis sometida a la consideración de la Comisión
del Programa de Estudios de Posgrado en
Especialidades Médicas para optar al grado y
título de Especialidad en Medicina de
Emergencias**

JAVIER CHAVARRÍA CAMPOS

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2017

**PROTOCOLO PARA LA SELECCIÓN DE
PACIENTES Y SECUENCIA DE TRATAMIENTO
DE RESUCITACIÓN CARDIOPULMONAR EXTRA
CORPÓREO (ECPR) A TRAVÉS DE UN
PROGRAMA DE MEMBRANA DE OXIGENACIÓN
EXTRA CORPÓREA EN EMERGENCIAS (ED-
ECMO)**

Elaborado por:

Javier Chavarría Campos

Tutor:

Dr. Alejandro Moya Álvarez

Médico Asistente Especialista en Medicina de Emergencias

Hospital Rafael Ángel Calderón Guardia

San José, Costa Rica

Revisado por:

Dra. Adriana Yock-Corrales M.D., MSc.

Emergencióloga Pediatra, Epidemióloga

Servicio de Emergencias

Hospital Nacional de Niños "Dr. Carlos Saenz Herrera"

San José, Costa Rica

Derechos de autor

Prohibida la reproducción total o parcial de este trabajo sin el permiso previo del autor.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios que ha sido mi guía en cada una de las decisiones y que me ha amparado en todas las dificultades. A mi padre, a mi madre y a mis hermanos que han estado a mi lado siempre para darme apoyo y no dejarme desmayar. A mi hijo, Matías, que es mi mayor motivación a seguir adelante y a tratar de ser mejor cada día.

Al Dr. Alejandro Moya por ser un gran tutor y un ejemplo a seguir. A mis compañeros del servicio de emergencias del Hospital Rafael Ángel Calderón Guardia, de cada uno he aprendido. A todos los médicos asistentes con los cuales roté, quienes han sido verdaderos maestros, guiándome hacia la excelencia.

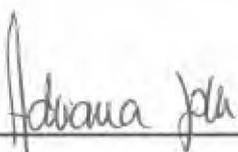
Javier Chavarría Campos

Esta tesis fue aceptada por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Especialidades Médicas de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Especialidad en Medicina de Emergencias.



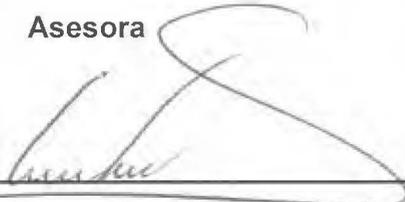
Dr. Alejandro Moya Alvarez, Especialista en Medicina de Emergencias

Director de Tesis



Dra. Adriana Yock-Corrales M.D., MSc.

Asesora



Dr. Wilfredo Gómez Herrera, Especialista en Medicina de Emergencias

Director

Programa de Posgrado en Especialidad en Medicina de Emergencias



Javier Chavarría C.

Dr. Javier Chavarría Campos

Candidato

ÍNDICE GENERAL

1. Introducción	1
2. Marco teórico	3
2.1. Datos estadísticos mundiales	3
2.2. Reseña histórica del ECMO	4
2.3. Indicaciones actuales de terapia ECMO	6
2.4. Soporte vital extracorpóreo	7
2.5. ED ECMO	8
2.5.1. Reseña histórica del ED ECMO	9
2.5.2. Situación internacional actual del ED ECMO	10
2.5.3. Bases del ED ECMO	14
2.5.4. Colocación del ED ECMO	14
2.6. Aspectos técnicos del ECMO	15
2.6.1. Consolas	17
2.6.2. Membranas de oxigenación	18
2.6.3. Cánulas	18
2.7. Aspectos económicos del ECMO	19
2.8. Transporte de pacientes con ECMO	20
2.9. Complicaciones del ECMO	21
2.9.1. Complicaciones por transporte del paciente	21
2.9.2. Complicaciones vasculares	21
3. Delimitación del problema	26
4. Protocolo actual utilizado en la UCI quirúrgica	28
5. Protocolo propuesto para el servicio de emergencias	30
5.1. Personal mínimo necesario	30
5.2. Pasos del algoritmo	31

5.2.1. Identificación del paciente candidato a ED ECMO	31
5.2.2. Activación sistema de ED ECMO	32
5.2.3. Identificar criterios de futilidad	33
5.2.4. Colocación del LUCAS y canulación en emergencias	33
5.2.5. Angiografía coronaria e ingreso a UCI quirúrgica	34
5.2.6. Requisitos mínimos antes del traslado a hemodinamia	35
5.2.7. Algoritmo del protocolo	36
6. Conclusiones generales y recomendaciones	37
7. Referencias Bibliográficas	38

RESUMEN

La principal causa de muerte a nivel mundial es la enfermedad cardiovascular, y dentro de esta categoría, más de la mitad son por muerte súbita.

Se ha trabajado para que las maniobras de resucitación cardiopulmonar sean efectivas, buscando una mejoría en la sobrevida y menos secuelas neurológicas. A pesar de todos los avances, existe un grupo de pacientes que no responden a las maniobras convencionales y caen en la categoría de paro cardiorrespiratorio refractario.

Es en este nicho, donde el uso de membranas de oxigenación extracorpórea ha ganado un campo en la medicina mundial. Específicamente en los Servicios de Emergencias, ya existen protocolos establecidos en otros países, pero no así en Costa Rica.

En nuestro país, el Hospital Calderón Guardia cuenta con la tecnología y personal necesario para instaurar un sistema de captación de pacientes que se beneficien de este sistema, desde el servicio de emergencias.

El presente trabajo brinda una revisión sobre la tecnología ECMO, tomando en cuenta la historia, aplicaciones, fundamentos teóricos y protocolos instaurados tanto en el extranjero como dentro de Costa Rica. Finalmente se brinda un protocolo de manejo claro donde se ejemplifica paso a paso el manejo de este tipo de pacientes.

ABSTRACT

World wide, the first cause of death is cardiovascular disease. And sudden death represents half of all the deceased.

There have been efforts to improve cardiopulmonary resuscitation, looking for a better survival and neurologic outcomes. Even though, there is a group of patients that do not respond to conventional treatment, which are categorized as refractory cardiorespiratory arrest.

In this group of persons that extracorporeal oxygenation membranes have raised in popularity. In other countries, specifically in Emergency Department, there are protocols of management, but this is not the case of Costa Rica.

In our country, Calderon Guardia Hospital have the technology and the staff to build a system that identifies the patients that would be favored with this treatment from the Emergency Department.

This document is a summary of the technology of ECMO, reviewing the history, applications, theoretical fundamentals and the protocols used in other countries and also in Costa Rica.

Finally it gives a protocol with all the steps to manage this kind of patients in our hospitals.

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Sistema de ECMO veno arterial	16
Imagen 2. Membranas de oxigenación	17
Imagen 3. Catéter de perfusión distal	22
Imagen 4. Algoritmo del protocolo propuesto	36

1. Introducción

El presente trabajo tiene como finalidad, ser una pauta inicial para el manejo y la aplicación del soporte vital extracorpóreo (ECLS), iniciado desde el servicio de emergencia en casos de pacientes con PCR intrahospitalario refractario. Actualmente, en el Hospital Dr. Rafael Ángel Calderón Guardia (HCG), se cuenta en la Unidad de Cuidados Intensivos Quirúrgicos, con un programa establecido de resucitación cardiopulmonar extracorpórea (ECMO), el cual está acreditado a nivel mundial por la Organización de Soporte Vital Extracorpóreo (ELSO por sus siglas en inglés), siendo el primero en Centroamérica y el Caribe y uno de los pocos que existe fuera de Estados Unidos, Europa y Australia. Por lo que se podría cumplir con la recomendación, de que el uso de membranas de oxigenación extracorpórea en el departamento de emergencias (ED ECMO por sus siglas en inglés) se desarrolle en un centro donde ya se tenga experiencia en dicho procedimiento.

Esta propuesta es una guía clínica, donde se definen las indicaciones y contra indicaciones de los pacientes para ED ECMO, el personal necesario y las funciones que desempeñarían, además de un algoritmo donde se explica gráficamente los pasos a seguir en aquellos casos calificados.

Como se expone más a fondo en el marco teórico, en el paciente con paro cardiorrespiratorio (PCR) las medidas usuales de reanimación cardio-cerebro-pulmonar, en muchas ocasiones no son suficientes, por lo que desarrollar nuevas estrategias de manejo que mejoren el pronóstico de estos pacientes es fundamental.

La plétora en las unidades de cuidados intensivos (UCI) es un fenómeno cada vez más frecuente, lo cual dificulta que pacientes críticos puedan ingresar a estas unidades en la brevedad que se desearía. Esto lleva a que cada vez más el médico especialista en Medicina de Emergencias deba asumir el manejo de estos casos. Debe ser meta del HCG, como un centro de atención de tercer nivel, ofrecer las mejores posibilidades a los pacientes críticos desde su ingreso, sin importar si se encuentra en emergencias o en UCI.

Para que se complete con éxito esta propuesta, es fundamental el trabajo en conjunto de los servicios de Medicina de Emergencias y de Cuidados Intensivos, además de una adecuada capacitación del personal que tendría que manejar dichos casos.

Objetivo principal

- Realizar un protocolo del manejo de los pacientes con resucitación cardiopulmonar extracorpórea desde el servicio de Medicina de Emergencias.

Objetivos específicos

- Especificar las características de los pacientes que podrían incluirse en el programa de ED ECMO.
- Definir el personal necesario y las funciones que desempeñaría cada uno durante el procedimiento y posterior a la colocación del ECMO.
- Elaborar un algoritmo de manejo del paciente en ED ECMO.

2. Marco teórico

2.1. Datos estadísticos mundiales

Sobre el paro-cardiorrespiratorio (PCR) de origen cardíaco, las estadísticas más actualizadas son en los Estados Unidos, donde afecta a aproximadamente 365 000 personas por año de manera extra hospitalaria y a 210 000 de manera intra-hospitalaria.¹ La sobre vida de los pacientes con PCR extra hospitalario varía según la estadística publicada entre 0.8 a un 21%.²

La incidencia puede variar, pero un estudio prospectivo que tomó distintas fuentes de Estados Unidos, Europa y China, se ha estimado que la tasa de muerte súbita es de aproximadamente 50-100 por cada 100 mil habitantes en la población general.³

Más de la mitad de las muertes que ocurren por causas cardiovasculares son por muerte súbita. Los ritmos iniciales de PCR en la población adulta son en su mayoría fibrilación ventricular y taquicardia ventricular sin pulso; sin embargo, estudios recientes han sugerido con mayor frecuencia como ritmos iniciales de paro las bradiarritmias y la actividad eléctrica sin pulso. Estos datos parecen ser consecuencia del envejecimiento de la población general, con un aumento marcado de insuficiencia cardíaca con eventual falla irreversible y muerte. Esto parece ser consecuencia del envejecimiento de la población general, con un aumento marcado de la incidencia de insuficiencia cardíaca, la cual en muchos casos evoluciona hacia falla irreversible y muerte.³

De las intervenciones realizadas en este tipo de pacientes, las compresiones torácicas de alta calidad y la desfibrilación temprana de los ritmos indicados son las que se han asociado con mejoría en la sobre vida.^{4,5}

De manera interesante, a pesar de estos datos, investigaciones en laboratorio han demostrado que las compresiones manuales, solo restauran un porcentaje pequeño del flujo sanguíneo normal (entre 6-12%).¹

En los Estados Unidos se determinó que la mortalidad de los pacientes con PCR extra e intra hospitalario ha disminuido entre 2005 y 2012. Además de manera interesante los resultados neurológicos en estos pacientes que lograron sobrevivir, también mejoraron en dicho país. Esto parece ser consecuencias de mejoría en la reanimación tanto hospitalaria como pre hospitalaria. Se plantea que los esfuerzos en que la reanimación sea de calidad, con compresiones efectivas (adecuada profundidad y frecuencia), minimizar las interrupciones y evitar la hiperventilación, han incidido en este cambio importante.⁶

No obstante, hay un grupo muy importante de pacientes con PCR intra y extra hospitalario que no responden a las medidas terapéuticas ya mencionadas. Es por esto es que se han desarrollado nuevas estrategias, como el uso de membranas de oxigenación extracorpórea (ECMO por sus siglas en inglés) para tratar PRC refractario. En este, se colocan cánulas arterial y venosa, unidas a una bomba mecánica y una membrana de oxigenación, con lo cual el sistema provee de un flujo sanguíneo que virtualmente es similar al normal.⁷

2.2. Reseña histórica del ECMO

Desde el punto de vista histórico, el primer estudio aleatorizado controlado sobre el uso de ECMO, fue publicado por Zapol y colaboradores en el año de 1979. En dicha publicación se concluyó que no había mejoría en la sobrevida con el uso del ECMO y además mostró una tasa de complicaciones alta.⁸

En 1994 Morris y colaboradores, publican el segundo estudio randomizado, en este caso utilizando la tecnología veno-venosa (VV), en pacientes con síndrome de distress respiratorio del adulto (SDRA), donde se comparó ventilación mecánica con el modo *airway pressure release ventilation* (APRV) versus ECMO. No se logró demostrar un beneficio estadísticamente significativo en la mortalidad.⁹

Pero estos estudios utilizaban tecnología que podría considerarse arcaica, sin adecuados protocolos de manejo, además de utilizar estrategias ventilatorias subóptimas.

Luego de los años 90, fue cambiando el paradigma sobre el uso del ECMO. El estudio CESAR, llevado a cabo en Reino Unido, y realizado en pacientes durante la epidemia de influenza H1N1, utilizaron tecnologías más modernas y protocolos establecidos de manejo. En este si se pudo demostrar diferencias estadísticamente significativas en el resultado principal que fue reducción de la mortalidad y los secundarios como tiempo en ventilación mecánica, estancia en cuidados intensivos y costo para el sistema de salud.¹⁰

Tradicionalmente, muchas de las complicaciones del ECMO eran secundarias a hemolisis, sangrado e infecciones. Todas estas se han disminuido considerablemente con los nuevos sistemas de bombeo y de intercambio mediante membranas. Además, a partir del 2005, se publicaron algoritmos de manejo, desarrollados por organizaciones internacionales que rigen el uso de ECMO, lo cual ha estandarizado su uso a nivel mundial.¹¹

Específicamente en cuanto al modo veno-arterial (VA), el primer caso exitoso reportado en la literatura fue publicado en 1972; el cual un paciente de 24 años

posterior a tres días de ECMO por un accidente de tránsito, tuvo recuperación completa.¹²

A partir del año 1990, existen datos mundiales de uso de ECMO VA, teniendo más de 10 mil casos, con aproximadamente un 40% de sobrevida para egreso hospitalario.¹³

2.3. Indicaciones actuales de terapia ECMO

Esta tecnología se centraba básicamente en fallo respiratorio en neonatos, con esporádicos casos en adultos, hasta ser en la actualidad una estrategia terapéutica con una amplia gama de indicaciones. Esta expansión ha ido de la mano del desarrollo de abordajes estandarizados, indicaciones, contraindicaciones y bases de datos de pacientes en distintos centros médicos alrededor del mundo.¹¹

Dentro de las indicaciones que se han venido desarrollando para ECMO VA, se encuentran: shock cardiogénico refractario, síndrome coronario agudo, miocarditis, cardiomiopatía post parto, cardiomiopatía descompensada aguda, shock post cardiotoromía, arritmias malignas recurrentes, embolia pulmonar masiva, hipotermia accidental, sobredosis de drogas, shock séptico, embolismo aéreo, shock anafiláctico, trauma a los grandes vasos o cardiaco, hipertensión pulmonar y paro cardiorrespiratorio refractario.¹⁴

2.4. Soporte Vital Extracorpóreo

Cuando se coloca la tecnología ECMO a un paciente en PCR, se habla de Soporte Vital Extracorpóreo o Extra Corporeal Life Support en inglés (ECLS). En estos casos, se busca que el uso del ECMO funcione como una estrategia puente, brindando un flujo sanguíneo adecuado, mientras se llevan a cabo

exámenes diagnósticos y se realiza el tratamiento definitivo a la causa del PCR.¹⁵

El ECLS ha sido usado en pacientes con PCR extra e intra hospitalario, así como en los laboratorios de hemodinamia. De momento no existe un estudio controlado y aleatorizado comparando la reanimación cardiopulmonar (RCP) habitual contra el uso de ECMO.¹⁴

Un meta análisis reciente de 6 estudios (3 de PCR intrahospitalario, 2 de extra hospitalario y 1 mixto), con 2260 pacientes, concluyó que el uso de ECMO mejora tanto la supervivencia como los resultados neurológicos.¹⁶

El soporte cardiaco extracorpóreo se puede definir como una forma modificada de bypass cardiopulmonar donde pasa sangre oxigenada a los tejidos de manera continua. El término de resucitación cardiopulmonar extra corpóreo (ECPR), es la utilización del ECLS en un paciente en PCR, cuando las medidas convencionales han fallado.¹⁵

El ECLS se comienza a utilizar en 1950 por John Gibbon como una forma de oxigenación de la sangre a través de una membrana especializada en paciente con cirugías que ocuparan bypass cardiopulmonar de manera prolongada.¹⁷

Se acumuló inicialmente evidencia de su utilidad en paciente pediátrico y neonatal, pero poco a poco se realizaron estudios en el paciente adulto, tanto para soporte de insuficiencia respiratoria hipoxémica severa como para paciente en PCR. Y de manera muy interesante el ECPR ha demostrado que puede tener un rol tanto a nivel prehospitalario^{18, 19} como en los servicios de emergencias para tratar pacientes con PCR secundario a embolia pulmonar²⁰, hipotermia²¹, síndrome de sumersión²², sobredosis^{23, 24}, obstrucción de la vía aérea²⁵, y trastornos hidroelectrolíticos severos.²⁶

Desde 1990, los datos de ELSO reportan más de 10 000 adultos con utilización de ECMO (tomando en cuenta todas las indicaciones y no solo ECPR), con un 40% de sobrevida y egreso hospitalario.²⁸

2.5. ED ECMO

Los dispositivos de ECMO se han vuelto cada vez más accesibles y pequeños, generando la oportunidad para establecer programas multidisciplinarios de inicio de estas terapias de rescate desde el servicio de emergencias (conocido en la literatura anglosajona como ED ECMO).¹⁶

El factor más crítico para el uso de ECPR se vea reflejado en mayor sobrevida y una evolución neurológica favorable, es el tiempo que se tarda en iniciar el ECMO luego del PCR. Esto puede ser la explicación del porque los casos intrahospitalarios han mostrado mejores resultados en comparación con los extrahospitalarios.²⁹⁻³¹

Dentro de las series de casos de uso de ECPR, se ha demostrado, que la sobrevida aumenta si la causa es inmediatamente tratable. Por lo tanto el reto es lograr detectar los pacientes que se beneficiaran de esta intervención.³²

Debe recordarse que el ECMO es un tipo de puente para resolver la causa primaria que llevó al paciente al fallo circulatorio. Es entonces un paso antes de la recuperación o de otra intervención permanente (colocación de dispositivos de asistencia ventricular o trasplante cardiaco). También podría considerarse un puente para tomar decisiones, ya que brinda tiempo para determinar cuál es el insulto o si el paciente es candidato a determinada terapia. En resumen, es fundamental definir claramente el perfil de paciente que es tributario a esta medida terapéutica.²⁷

2.5.1 Reseña histórica del ED ECMO

Sobre la evidencia clínica que sustenta su uso, se han desarrollado distintos estudios evaluando los resultados del ECPR versus el manejo habitual del soporte cardiaco avanzado (ACLS por las siglas en inglés). La mayoría de los estudios en la literatura son observacionales y no hay de momento estudios clínicos aleatorizados.

Shin y colaboradores evidenciaron que el uso de ECPR en pacientes con PCR intrahospitalario, asoció a una sobrevida con mejor pronóstico neurológico (utilizando el Glasgow-Pittsburgh Cerebral Performance Category) comparado con RCP convencional (CPR (hazard ratio (HR) 0.17, 95 % confidence interval (CI) 0.04–0.68).⁴²

Chen et al encontraron resultados similares tanto a 30 días plazo (HR 0.47, 95 % CI 0.28–0.77) como a 1 año (HR 0.53, 95 % CI 0.33–0.83).⁴³ Ambos estudios mostraron mejores resultados cuando la causa del PCR era de origen cardiaco. Igualmente, para los casos de PCR extra hospitalario, si son de origen cardiaco y presenciado, el uso de ECPR ha conllevado de manera interesante, a una mejoría significativa de la condición neurológica en los sobrevivientes. Entre más temprano se inicie el uso del ECMO, mejor es el pronóstico tanto en disminución de la mortalidad, como en morbilidad.⁴⁴⁻⁴⁶

Una revisión sistemática realizada por Ortega y colaboradores, buscó reunir toda la información acerca del uso de ECPR en pacientes con PCR extra hospitalario. Se estudiaron 833 pacientes en un total de 20 estudios, con una sobrevida promedio de 22%, incluyendo 13% de buena recuperación neurológica.⁴⁷

2.5.2 Situación actual del ED ECMO

El país que cuenta con una adecuada estadística para dar una perspectiva de la situación actual, es los Estados Unidos de América, donde hay 36 centros hospitalarios que tienen un programa establecido de ED ECMO. De estos, el 65% tienen menos de 5 años de haber iniciado, pero el 90% de dichos hospitales ya contaban con ECMO en las unidades de cuidado intensivo (UCI) antes de llevarlo a cabo en emergencias. En ese mismo país, la mayoría de los programas de ED ECMO (más del 85%) están conformados por cirujano cardiovascular, perfusionista y farmacéuticos; además en el 70% involucra especialistas en medicina de emergencias.²¹

Para el ECPR, la colocación de las cánulas arterial y venosa se realiza de manera percutánea a nivel femoral. En los Estados Unidos, la mayoría de las canulaciones de los programas de ED ECMO son colocadas por cirujanos cardiovasculares, pero en algunos centros, los emergenciólogos también canulan pacientes.³⁹

Un ejemplo es el protocolo utilizado en el departamento de emergencias del Hospital de la Universidad de Utah⁵², en donde proponen un algoritmo de manejo de pacientes con PCR extra hospitalario tributario a ECLS. Este es interesante por lo detallado del proceso de decisiones. En este se siguen varios pasos:

1. El personal prehospitalario que aborda el paciente, llama a centro hospitalario para activar el sistema
2. Se verifica que cumpla criterios de inclusión y exclusión
3. Si se cumplen todos los criterios, se alerta al comité de ECMO (conformado por emergenciólogo, intensivista, cardiólogo, cirujano cardiovascular, perfusionista, anestesiólogo)

4. Al llegar el paciente al departamento de emergencias, se continua el RCP avanzado, mientras se inician los preparativos para el ECMO:
 - a. Técnico en emergencias: encargado de preparar el equipo del catéter arterial
 - b. Farmacéutico: prepara infusión de epinefrina a 50mcg/min
 - c. Terapeuta respiratorio: ventila manualmente al paciente
 - d. Paramédico: continúa compresiones de calidad
 - e. Se monitoriza la calidad de las compresiones con parches
 - f. Intubación confirmada por ETCO₂
 - g. Se rasura la ingle del paciente según la necesidad
 - h. Revisión con ultrasonido de los accesos venosos femorales
 - i. Técnica aséptica y antiséptica para canalizar arteria femoral izquierda y vena femoral derecha
 - j. Administración por el acceso venoso de 5000UI de heparina no fraccionada y cefazolina 1g.
 - k. No colocar otros accesos centrales por riesgo de sangrado
5. Una vez que todo el equipo de ECMO este reunido, se vuelven a repasar los criterios de inclusión para definir si el paciente es tributario
6. Si se cumplen todas las indicaciones y el equipo de manera unánime apoya el inicio de ECLS, se activa el protocolo
7. Una vez colocado el ECMO, el paciente es llevado al laboratorio de hemodinamia, donde se realizan a cabo:
 - a. Aortografía
 - b. Angiografía coronaria y angioplastia en los casos que lo ameriten
 - c. Angiografía pulmonar sino hay lesiones coronarias

- d. Descompresión del ventrículo izquierdo (colocación de dispositivo Impella)
8. Luego del manejo en el laboratorio de hemodinamia, se debe disponer al paciente en UCI, donde se realiza:
- a. Manejo activo de la temperatura o “Targeted Temperature Management” (TTM por las siglas en inglés) por 24 horas a 36 °C
 - b. Colocación de accesos vasculares según las necesidades
 - c. A las 24h post PCR:
 - i. Iniciar recalentamiento
 - ii. Ecocardiograma control
 - d. A las 96h post PCR:
 - i. Examen físico neurológico
 - ii. Tomografía computarizada sin contraste para detectar hemorragia
 1. Si hay muerte neurológica, se mantiene el ECMO hasta definir si se utilizara como donador cadavérico
 2. Si no hay muerte neurológica, se inicia el desacostumbramiento del ECMO

Cuando se revisan los criterios de selección para ED ECMO, varían según cada institución. Pero la tendencia es a seguir las siguientes pautas:

Criterios de inclusión:

- PCR presenciado
- Ritmo de PCR desfibrilable
- Edad de 18-70 años

- Probable causa cardiaca
- Mínimas interrupciones durante el RCP

Criterios de exclusión:

- Causas irreversibles
- PCR prolongado extra hospitalario
- Paciente paliativo
- Evidencia de disfunción multiorgánica⁴⁸⁻⁵¹

2.5.3 Bases del ED ECMO

El manejo de pacientes en un sistema de ED ECMO tiene 3 diferencias con los sistemas tradicionales de ECMO: 1) la canulación se lleva a cabo en emergencias durante el manejo del PCR, 2) angiografía post canulación (todos los pacientes deben ser llevados a este procedimiento) y 3) uso de control activo de la temperatura.³³

Como se mencionó anteriormente, existen dos grandes formas de utilizar el sistema de ECMO: 1) el veno-venoso (VV) que se emplea principalmente en pacientes con falla respiratoria aguda; y 2) el veno-arterial (VA), que no solo provee asistencia para el intercambio gaseoso, sino que además da soporte hemodinámico. En contexto de ECPR, estamos refiriéndonos a un tipo de VA ECMO.³⁴

2.5.4 Colocación del ED ECMO

La canulación percutánea se realiza utilizando la técnica de Seldinger. El ultrasonido es útil para valorar el tamaño de los vasos antes de canularlos, y también para hacer un acceso guiado. Ventajas de la canulación percutánea incluyen, menor tasa de sangrado y de infecciones, mayor facilidad de

movilización del paciente y canulación más expedita. Entre las desventajas se encuentra el compromiso de las extremidades, hipoxemia de miembros superiores y formación de trombos a nivel de la raíz aórtica e intracardíaco.⁴⁰

En cuanto a la cánula venosa, si es de mayor diámetro y menor longitud, conlleva una optimización en la precarga del circuito. Típicamente son de 19-25Fr. Tanto al final como a los lados poseen orificios que facilitan el drenaje y previenen que se ocluya el sistema. Sobre el catéter arterial que también se coloca a nivel femoral, la punta debe terminar en la arteria iliaca común o en la aorta abdominal.⁴¹

La secuencia de pasos para el funcionamiento del programa de ED ECMO se divide en tres fases:

- Fase uno: se emplea RCP avanzado tradicional de alta calidad. Se activa el protocolo de ECLS según el criterio del emergenciólogo y se alerta al equipo de UCI.
- Fase dos: el RCP continúa. Se realiza la colocación guiada por US de los catéteres arteriales y venosos femorales.
- Fase tres: se confirma la funcionalidad del sistema, si existe un adecuado flujo, puede detenerse las compresiones y el ECMO realiza la actividad de bomba.⁴⁸

2.6 Aspectos técnicos del ECMO

Un sistema de ECMO comprende una bomba de centrifuga, una membrana de oxigenación, un intercambiador de calor y las cánulas para el bypass. En VA ECMO, la sangre sale hacia el sistema del ECMO por la cánula venosa, de inserción generalmente a nivel femoral, que llega hasta el atrio derecho. El

oxigenador consiste en una membrana semipermeable, que separa el compartimento de la sangre, de otro que contiene una mezcla gaseosa. Luego la sangre es devuelta por un acceso arterial, infundiéndola a nivel de la aorta ascendente. Por lo tanto en una conformación de VA ECMO, el circuito funciona en paralelo con el corazón y los pulmones, ya que se realiza un bypass de ambos sistemas.^{35, 36}

Además de estos componentes, la mayoría de los circuitos de ECMO poseen una consola (donde se puede ajustar la velocidad de flujo de la bomba), un intercambiador de calor, varios puertos para la toma de muestras sanguíneas y la infusión de medicamentos y un sensor de flujo en cada una de las cánulas.³⁷

Por otro lado, en el sistema VV, la sangre oxigenada es devuelta nuevamente al sistema venoso, donde es bombeada a través de la circulación pulmonar y de allí al ventrículo izquierdo y luego a la periferia. Por lo tanto, en esta disposición no existe soporte hemodinámico directo, pero la mejoría de la hipoxemia, hipercapnia y acidosis si puede tener indirectamente un efecto positivo. Además de que su utilización puede disminuir los parámetros ventilatorios requeridos, lo que trae consigo menos efectos cardiacos adversos.³⁸

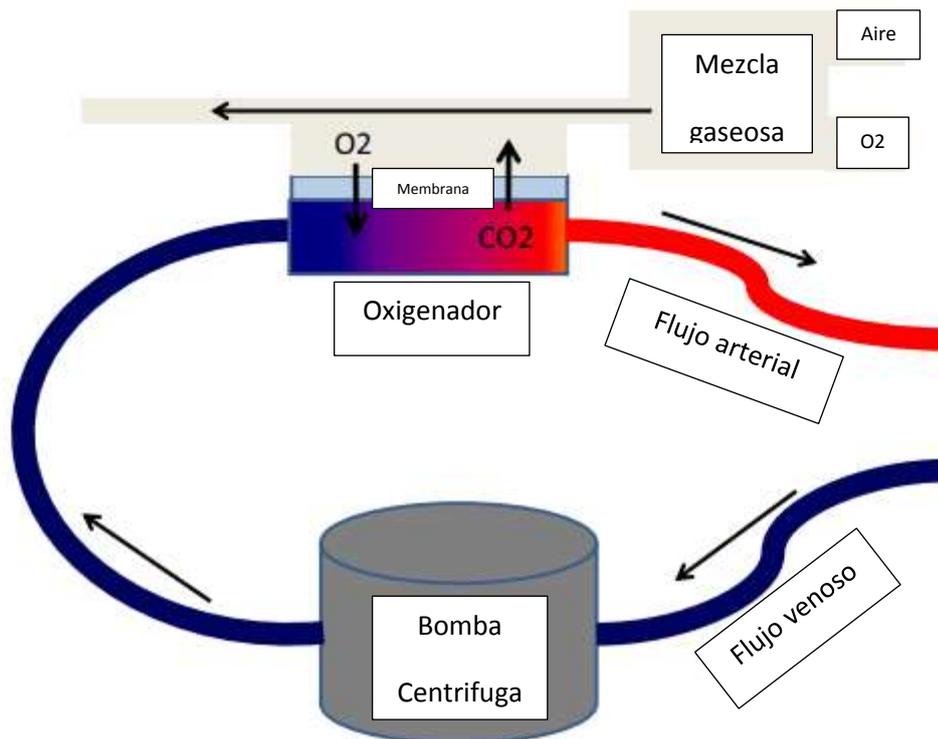


Imagen 1. Sistema de ECMO veno arterial: la sangre es tomada de la circulación venosa, pasa por una bomba centrífuga, la cual envía el flujo hacia una membrana de intercambio gaseoso, donde se oxigena y se libera el dióxido de carbono, para retornar luego como flujo arterial. (Tomado y adaptado de: Cavarocch N. Introduction to Extracorporeal Membrane Oxygenation. Crit Care Clin 33 (2017) 763–766; modificado por Javier Chavarría Campos)

2.6.1 Consolas

En el mercado internacional se cuenta con distintas marcas, cada una tiene sus características, con ventajas y desventajas. En general todas se componen de una bomba centrífuga y un sensor de flujo. En algunos tipos, hay perillas para ajustes manuales, mientras que otros no lo poseen. Entre las diferencias según la casa comercial, se encuentra el precio, pero también el sistema con el

cual opera la bomba centrífuga y los distintos parámetros que monitoriza automáticamente la consola.

2.6.2 Membranas de oxigenación

Las membranas de polimetilpentano (PMP) son las más comúnmente utilizadas en la actualidad. Estas proveen un adecuado intercambio gaseoso, además de ser un medio de baja resistencia y que evita la fuga de plasma luego de exposición prolongada a la sangre. Para mantener la normotermia, estas membranas se construyen con un intercambiador de calor. En la figura 6 se muestran ejemplos de este tipo de dispositivos.⁵⁴



Imagen 2. Membranas de oxigenación. (Tomada y adaptada de: Fitzgerald D, et al. Staffing, Equipment, Monitoring Considerations for Extracorporeal Membrane Oxygenation. Crit Care Clin 33 (2017))

2.6.3 Cánulas

La canulación arterial y venosa adecuada es uno de los factores más importantes para una adecuada terapia con ECMO. Las cánulas son el punto crítico de conexión entre el sistema del ECMO y la vasculatura del paciente.

Debe seleccionarse entonces un tamaño y una colocación adecuada para un funcionamiento óptimo.⁵⁴

2.7 Aspectos económicos del ECMO

En cuanto a los gastos de la instalación del programa de ED ECMO, comprar el equipo adecuado es la primera inversión. En Estados Unidos se utilizan varios tipos de consolas de ECMO:

1. Maquet Rotaflow®: de la empresa Maquet Cardiovascular, con un precio de \$ 42 000
2. Maquet Cardiohelp®: de Maquet Cardiovascular, con un precio de \$110 250
3. Thoratec Centrimag®: de Thoratec Corporation \$ 43 360

Otros gastos a tomar en consideración son, la membrana de oxigenación, la bomba de propulsión, el líquido para preparar el sistema, las tuberías y el personal capacitado:

- Membrana de oxigenación: la más comúnmente utilizada en Estados Unidos es la Maquet Quadrox® de Maquet Cardiovascular, la cual puede adaptarse a las consolas Maquet Rotaflow® y Thoratec Centrimag®.
- La bomba de propulsión es estructuralmente distinta según el tipo de circuito, y el precio es variable.
- Para el protocolo de Utah, por ejemplo el precio por paciente incluyendo la consola, la membrana de oxigenación, la bomba de propulsión, el líquido para preparar el sistema y las tuberías varía entre \$2447 a \$14000.⁵³

A la hora de decidir entre las casas comerciales además del precio ya mencionado, deben tomarse en cuenta otras particularidades: seguridad del sistema, facilidad o rapidez de ensamblaje y soporte técnico disponible.⁵³

2.8 Transporte de pacientes con ECMO

Otro aspecto a considerar es el transporte de estos pacientes desde el servicio de emergencias hasta la unidad de cuidados intensivos. Los primeros en publicar sobre el transporte de pacientes en terapia ECMO fueron Boedy y colaboradores. En un estudio en pacientes pediátricos, reportaron una mortalidad del 11% en el proceso del traslado.⁵⁵

El desarrollo de equipos con personal entrenado adecuadamente en el transporte de los pacientes en ECMO ha venido en crecimiento, con centros alrededor del mundo que han venido publicando sus casos.⁵⁶⁻⁶¹

Dependiendo de la institución el equipo de transporte se constituye de manera multidisciplinaria con los siguientes miembros: intensivista, cirujano, enfermero, terapeuta respiratorio, perfusionista y emergenciólogo. Sin importar cuál es la composición del equipo que transporta al paciente, debe de estar claro cuál es el líder del grupo y quien dirige el proceso.⁶²

En el país ya existen varios ejemplos de traslados interhospitalarios de paciente con ECMO. Por ejemplo el primero fue el 12 de setiembre de 2017, desde el Hospital San Juan de Dios al Hospital R. A. Calderón Guardia. Este fue un paciente en falla cardíaca refractaria. El segundo traslado fue una paciente con neumonía severa, que se trasladó el 15 de noviembre del 2017 desde el Hospital San Rafael de Alajuela.

2.9 Complicaciones del ECMO

2.9.1 Complicaciones por transporte del paciente

Las siguientes complicaciones se mencionan como relacionadas con el transporte, además se citan medidas de prevención y tratamiento de las mismas:

- Hipoxia: si se presenta, debe optimizarse la ventilación mecánica (adecuada FiO₂ y PEEP), y se puede aumentar el flujo a través del circuito del ECMO.
- Hipotensión: debe revisarse el circuito del ECMO para descartar acodamiento o desacople de alguna de las cánulas. Además puede aumentarse el flujo del circuito. Uso juicioso de volumen, vasopresores e inotrópicos según corresponda.
- Pérdida de catéteres y otras invasiones: debe asegurarse que todas estén adecuadamente colocadas y fijadas antes de iniciar el traslado.
- Fallo de la batería del equipo: debe asegurarse que antes del traslado el equipo esté cargado al máximo y llevar una batería de repuesto.⁵⁴

2.9.2 Complicaciones vasculares

Finalmente deben considerarse las complicaciones vasculares que están descritas propiamente por el uso de la tecnología ECMO. Como se describió anteriormente, la vía de acceso utilizada en ED ECMO es la femoral, tanto para la cánula venosa como para la arterial. Acceder en este sitio anatómico conlleva al riesgo subsecuente de complicaciones vasculares, que incluyen: isquemia de la extremidad, complicaciones tromboembólicas, sangrado retroperitoneal, pseudoaneurismas, disección arterial e infección del sitio quirúrgico.⁶³

A continuación, se tocarán cada una de estas complicaciones, ejemplificando las manifestaciones clínicas y los posibles tratamientos a cada una de ellas:

- **Complicaciones tromboembólicas:** son responsables de la mayoría de complicaciones asociadas a las canulaciones femorales arteriales. Debido al calibre considerable de las cánulas, podría ocluir parcial o totalmente el lumen de la arteria femoral. Pacientes con factores de riesgo son: enfermedad arterial periférica, mujeres y pacientes jóvenes (no tienen circulación colateral). Clínicamente se sospecha con los datos típicos de isquemia arterial aguda y se puede corroborar con US doppler arterial. Si no se maneja oportunamente puede terminar en pérdida de la extremidad. También asocia rabdomiolisis y subsecuente lesión renal aguda. Una adecuada terapia de anticoagulación durante la canulación y mientras se mantenga la terapia ECMO es útil para prevenir la isquemia. La colocación de un catéter de perfusión arterial distal ha demostrado prevenir o revertir la isquemia luego de la canulación arterial. Este catéter cumple su función llevando flujo arterial desde la cánula hacia la arteria femoral superficial, para que exista irrigación a la porción distal del miembro inferior (ver figura 7).⁶⁴⁻⁷⁰

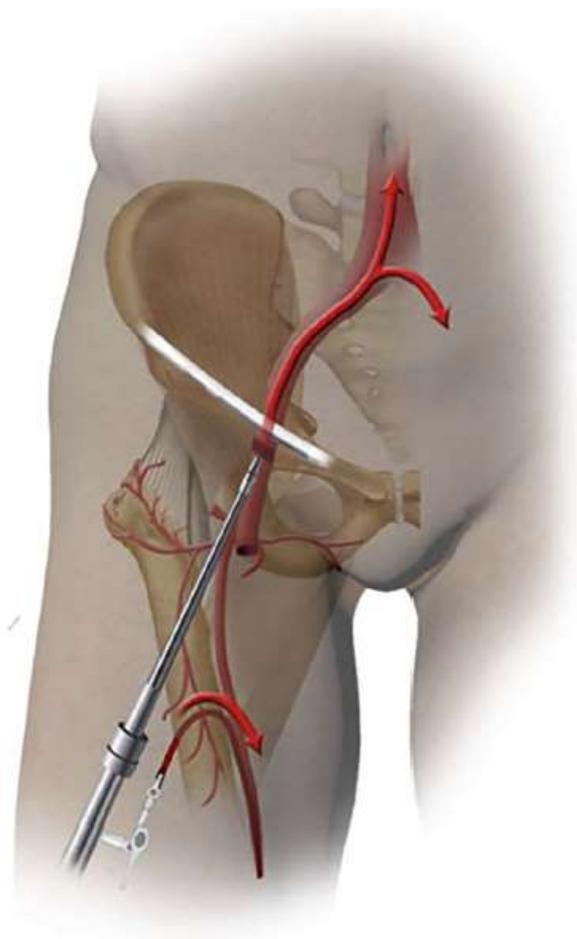


Imagen 3. Catéter de perfusión distal: lleva flujo desde la cánula femoral hacia la arteria femoral superficial. (Tomado de: Lamb K, Hirose H. Vascular Complications in Extracorporeal Membrane Oxygenation. Crit Care Clin 33 (2017))

Otros métodos para prevenir la isquemia son: utilización de espectroscopía cercana al infrarrojo (NIRS por sus siglas en inglés). Esta nos brinda información de la saturación de oxígeno a nivel capilar periférico. Valores mayores a 40-50% han demostrado correlacionar con adecuada perfusión de los tejidos evaluados. Una disminución de los valores del NIRS basales o a menos de 40%, sugieren isquemia de la extremidad.⁷¹⁻⁷⁴

- Daño vascular: además de la isquemia ya mencionada, la canulación puede llevar a formación de pseudoaneurismas, disección y sangrado retroperitoneal. Los pseudoaneurismas se reportan en casi 14% de los casos, la disección entre 7-14% y el sangrado retroperitoneal en solo un estudio que fue una serie de casos de 15 pacientes y solamente 1 tuvo dicha complicación. Si la canulación fue difícil, aumenta el riesgo de todas estas complicaciones. Clínicamente el pseudoaneurisma se manifiesta con una masa pulsátil palpable a nivel inguinal, la disección es variable con un rango que va desde pacientes asintomáticos hasta datos francos de isquemia. El sangrado retroperitoneal puede presentarse con dolor en flanco, disminución de la hemoglobina y oliguria. La angiogramía es el estándar de oro para diagnóstico de estas complicaciones. La colocación de las cánulas guiadas por ultrasonido previene estos eventos. En cuanto al manejo, el pseudoaneurisma puede repararse en el momento de la decanulación. Las disecciones pueden manejarse de manera conservadora o con colocación de STENT (esta última es de elección si hay datos de isquemia). En los casos de hematomas retroperitoneales, si son pequeños y el paciente cursa estable, se pueden observar y transfundir según sea necesario.⁷⁵⁻⁷⁸
- Infección del sitio de punción: las tasas de infección se describen entre 7 y 20% de los casos. Factores de riesgo son obesos mórbidos y pacientes con malnutrición. La manifestación puede ser con celulitis o incluso secreción purulenta alrededor de las cánulas. También podrían darse manifestaciones sistémicas con respuesta inflamatoria sistémica,

shock y bacteremia. El reconocimiento temprano se asocia con mejor pronóstico. La utilización de una adecuada técnica de asepsia y antisepsia, además del uso de antibióticos profilácticos puede prevenir los procesos infecciosos. Si ya se detecta la infección, debe iniciarse tempranamente los antibióticos y valorar la necesidad de manejo quirúrgico. En caso de existir colección asociada, debe realizarse drenaje y decanulación en caso de ser posible.⁷⁹⁻⁸²

3. Delimitación del problema en el Hospital Rafael Ángel Calderón Guardia

Actualmente el Hospital Rafael Ángel Calderón Guardia (HCG), es un centro médico clase A, con una población adscrita de aproximadamente 1.500.000 personas. Brinda cobertura para la Clínica Carlos Durán, Jiménez Núñez y Clínica de Coronado y las Áreas de Salud Catedral Noreste, Curridabat y Montes de Oca, además de tener la función de Hospital Nacional, siendo el centro de referencia de Cartago, Limón, Guápiles y Turrialba.⁸³

Según datos de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) obtenidos a través del departamento de comunicaciones, para el año 2015, alrededor de 400 pacientes fueron atendidos en el Servicio de Emergencias del Calderón Guardia en 24 horas. De este total, 240 pacientes aproximadamente fueron urgencias severas; alrededor de otros 80 pacientes fueron clasificados como menos urgentes, y cerca de 80 no fueron emergencias.

Por lo tanto, este tipo de tecnología potencialmente podría beneficiar a un grupo considerable de costarricenses, brindándoles manejo de primer mundo desde su ingreso al servicio de emergencias.

En el HCG ya se cuenta con un sistema instaurado de ECMO en la Unidad de Cuidados Intensivos Quirúrgicos. Según los datos históricos de dicha unidad, que no han sido publicados formalmente, pero que fueron obtenidos mediante una entrevista con el Dr. Boris de Gracia, se ha utilizado este recurso tecnológico en 54 pacientes. De estos 27 fueron ECMO veno venoso (VV), 21 pacientes veno arterial (VA) y 6 con ECPR. De los pacientes a los cuales se les utilizó ECPR, solamente 1 logró sobrevivir.

Viendo la estadística y luego de revisar el alto costo del ED ECMO, es más que evidente que tener criterios bien definidos de los pacientes que se benefician

de dicha intervención, además de un protocolo establecido y personal entrenado, son pilares básicos para que se pueda modificar el curso clínicos en estos casos.

4. Protocolo actual utilizado en la Unidad de Cuidados Intensivos Quirúrgicos del Hospital R. A. Calderón Guardia

Indicaciones de ECPR

- Se recomienda el uso de soporte vital extracorpóreo mediante ECMO V-A en los casos de Arresto Cardíaco Refractario
- Se define la idoneidad de Arresto Cardíaco Refractario aquella condición de PCR suscitada por causa cardíaca de fácil reversibilidad y que ha recibido 10 o más minutos de excelentes maniobra de resucitación cardio-pulmo-cerebral.
- Idealmente en situación de CPR presenciado, intrahospitalario con inicio de maniobras de resucitación apropiadas por testigo

Contraindicaciones ECPR

- Todas las contraindicaciones citadas de ECMO VA (incluido embarazo con edad gestacional menor de 34 semanas)
- Futilidad
- RCP no exitoso, sin recuperación de la circulación efectiva espontánea por 10 a 30 minutos ECPR podría estar indicado en RCP prolongado si se garantiza una excelente perfusión y soporte metabólico documentados.
- Edad menor 65 años (relativa)

Tienen especificidad de 100% de mortalidad y por lo tanto futilidad los siguientes parámetros durante RCP

- Saturación venosa central de O₂ menor 8%
- Lactato mayor a 20 mmol/L
- TP menor a 11%
- Fibrinógeno menor 80
- EtCO₂ menor 10 mmHg

La canulación central (para pacientes con esternotomía reciente) o periférica queda a discreción del cirujano o médico que cánula. La canulación percutánea se recomienda solo si se tenía acceso a los vasos previo al episodio de arresto, y solo debe ser realizado por expertos en acceso vascular e idealmente con guía ultrasonográfica. La canulación en laboratorio de cateterismo cardíaco con guía fluoroscópica es ideal pero no mandatoria.

En el servicio de emergencia o escenario de arresto cardíaco se preferirá la canulación con técnica semi-abierta, con identificación de paquete vascular y posterior tunelización y colocación de guías metálicas flexibles con técnica de Seldinger. Todo esto con maniobras de RCP/ACLS concomitantes y compresiones torácicas con equipo hidráulico de compresión torácica automático (LUCAS)

Considere realizar ecocardiografía y Angiografía coronaria inmediatamente después de iniciado soporte vital extra-corpóreo y estable el paciente, toda vez que un alto porcentaje de pacientes presentan lesiones coronarias culpables susceptibles de revascularización.

5. Protocolo propuesto para el servicio de emergencias

Para llevar a cabo el presente proyecto, se tomaron como base los ejemplos de ED ECMO que se han empleado a nivel de Estados Unidos de América y el protocolo de UCI quirúrgica para ECPR.

Aunque ya se cuenta con un protocolo a nivel institucional, este no es específicamente para el servicio de emergencias. La meta entonces es desarrollar una propuesta que deje claro cuáles serán las funciones del personal de emergencias en estos casos, y como se hará la coordinación con UCI quirúrgica para un correcto y expedito manejo.

El objetivo es que en un periodo de aproximadamente 2 años plazo se pueda comenzar a realizar el ED ECMO en el Hospital Dr. R. A. Calderón Guardia.

5.1 Personal mínimo necesario

En el país el único centro con un programa de ECMO en la actualidad es el HCG. Según la literatura mundial, no es posible iniciar un protocolo de ED ECMO si no existe previamente una Unidad de Cuidados Intensivos que ya tenga dicho sistema en marcha.

Por lo tanto para establecer el protocolo aquí plasmado, se dieron reuniones con el servicio de UCI quirúrgica, donde se definió como mínimo necesario para poder iniciar el programa, que se capacite a 2 médicos asistentes emergenciólogos y a un licenciado en enfermería en el manejo de ECMO y en ECPR.

Los cursos de capacitación para manejo de paciente con ECMO, pueden llevarse en nuestro país. Los mismos son llevados a cabo por una colaboración entre la Escuela de Enfermería de la Universidad de Costa Rica, la Caja

Costarricense de Seguro Social (específicamente la Unidad de Cuidados Intensivos Quirúrgicos del HCG) y con el aval internacional del ELSO.

Este curso está dirigido a médicos y enfermeros graduados. Se solicita al menos dos años de experiencia en el manejo de paciente crítico.

El encargado a nivel nacional de la formación en ECMO es el enfermero de UCI quirúrgica Eduardo Aguilar Rivera. Para poder llevar el curso, se le puede localizar al correo electrónico: eaar1310@yahoo.es ó al celular 8349 0959.

El curso es impartido dos veces por año y tiene un costo de 800 dólares, con una duración de 4 días, incluyendo alimentación, libros oficiales de ELSO (Extracorporeal Life Support: The ELSO Red Book y ECMO Specialist Training Manual) y con acreditación por 52 horas de aprovechamiento.

5.2 Pasos del algoritmo

Se parte del hecho de que el paciente en PCR atendido en emergencias, es manejado con las medidas universalmente recomendadas: compresiones torácicas efectivas, minimizando interrupciones, evitando hiperventilar y con desfibrilación temprana en los casos que lo ameriten.

A partir de esto es que parte el protocolo de ED ECMO, con una serie de pasos y responsabilidades para el personal que labora en emergencias.

5.2.1 Identificación de paciente candidato a ED ECMO

En todo PCR que se atienda en el servicio de emergencias, debe determinarse si cumple con criterios para ser candidato a ED ECMO, para lo cual se contará con la siguiente lista de requisitos impresa tanto en las salas de shock como en la unidad de agudos:

- PCR intrahospitalario
- PCR presenciado y con inicio inmediato de maniobras de RCP
- PCR de causa cardíaca o por tromboembolismo pulmonar
- Fibrilación ventricular o taquicardia ventricular sin pulso como ritmo de PCR
- PCR refractario: ha recibido 10 o más minutos RCP sin lograr retorno a circulación espontánea
- Menor a 65 años de edad

El encargado de identificar si el paciente puede ingresar en el protocolo, acatando la lista de requisitos anteriormente mencionada, será el médico asistente en Medicina de Emergencias a cargo del paciente (tanto los entrenados como los no entrenados en ECMO).

5.2.2 Activación el sistema de ED ECMO

El médico asistente en Medicina de Emergencias al verificar que se cumplen todos los criterios de inclusión para ED ECMO, debe activar el sistema. Esto se hará en el HCG, mediante la central telefónica. A través del número 4229, se llamará por sonido a los emergenciólogos y enfermeros del Servicio de Emergencias capacitados en ECMO para que se presenten al lugar cuando el paciente se aborde durante el horario diurno. Además mediante número 9 de la central telefónica, se podrá llamar al servicio de UCI quirúrgica (o al intensivista de disponibilidad) y al grupo de apoyo (perfusionista y cirujano cardiovascular). Este sistema podrá operar durante las 24 horas del día, ya que durante las guardias siempre se cuenta con un intensivista de UCI quirúrgica, un perfusionista y un cirujano cardiovascular de disponibilidad. Si no está uno

de los emergenciólogos o enfermeros de emergencias que ya fueron formados para manejo de ECMO, deberán asumir dichas funciones el médico asistente de Medicina de Emergencias y la enfermera a cargo del paciente.

5.2.3 Determinar presencia de criterios de futilidad

Luego de activar el sistema, deben determinarse los siguientes valores:

- Nivel de lactato: medición en gases arteriales o venosos tomados transparo. Los gases arteriales deben ser tomados inmediatamente después de que se haya activado el sistema de ED ECMO por la central telefónica. Nivel mayor a 20 mmol/L descarta que sea candidato
- ETCO₂: medido a través de capnografía. Nivel menor a 10 mmHg descarta que sea candidato

5.2.4 Colocación del equipo hidráulico de compresión torácica automático (LUCAS®) y canulación en emergencias

Una vez que el equipo de ED ECMO certifique que el paciente es candidato a dicha terapéutica, se pasará de compresiones manuales a utilizar el LUCAS y se realizará la canulación en el mismo servicio de emergencias.

El equipo LUCAS® y de canulación estará en la Unidad de Cuidados Intensivos. Una vez que se activó el sistema, el intensivista y enfermero de UCI quirúrgica, lo traerán a emergencias para la colocación.

La colocación del LUCAS® puede ser llevada a cabo por los médicos asistentes de Cuidados intensivos o de Medicina de Emergencias.

La canulación será llevada a cabo por el cirujano cardiovascular, con una técnica semiabierta, con asistencia de un médico residente o asistente

asignado al área donde está el paciente. En esta técnica el cirujano identifica el paquete vascular, lo tuneliza y coloca guías metálicas con la técnica de Seldinger. Como es un sistema de ECPR, estamos hablando de ECMO VA, y como ya se describió anteriormente se prefiere en este contexto el acceso femoral tanto arterial como venoso y de una sola extremidad ya que estamos hablando de una técnica semiabierta.

En los pacientes con ED ECMO no se utilizará la técnica percutánea guiada por ultrasonido, ya que en este contexto de PCR, solo se recomienda si ya se tenía un adecuado acceso vascular femoral antes del paro, lo cual no es para nada frecuente.

La iniciación del sistema será llevada a cabo por el médico perfusionista, quien controlará el dispositivo del ECMO.

Los dispositivos de ECMO con los que se cuenta en el HCG son de la marca Sorin® y Maquet®, se colocará al paciente el que esté disponible en el momento.

Una vez canulado y puesto en marcha el sistema, el paciente debe ser trasladado a hemodinamia y luego a la UCI quirúrgica. No puede permanecer en el servicio de emergencias luego de llevarse a cabo los pasos previos.

5.2.5 Requisitos mínimos antes de trasladar paciente a hemodinamia

Como se mencionó, luego de que se coloque y ponga en marcha el sistema del ECMO, no debe retrasarse el traslado, y ningún paciente con ED ECMO permanecerá siendo manejado en emergencias. Pero antes de trasladar el paciente se deben cumplir los siguientes requisitos:

- Protocolo de hemoderivados: debe de reservarse 4 unidades de glóbulos rojos empacados, 4 unidades de plasma fresco congelado, 10 unidades de crioprecipitados y 2 pool de plaquetas.
- Toma de exámenes de laboratorios: grupo y Rh, hemograma, pruebas de función renal con electrolitos completos, tiempos de coagulación completos, con fibrinógeno y dímero D, pruebas de función hepática y DHL.
- Aplicación de medicamentos: no es necesario aplicar ningún medicamento una vez colocado el ECMO. La anticoagulación será luego monitorizada por el médico perfusionista y el asistente intensivista, pero no se requiere la administración de anticoagulantes en el servicio de emergencias.
- Monitoreo invasivo: no es necesario la colocación en emergencias de catéter venoso central ni de línea arterial. La prioridad es llevar el paciente a hemodinamia y luego a la UCI quirúrgica. En esta última luego se colocarán los dispositivos invasivos que consideren apropiados.

5.2.6 Angiografía coronaria e ingreso a UCI quirúrgica

Una vez canulado, todos los pacientes deben ser llevados a angiografía diagnóstica y terapéutica, para luego ser ingresados al servicio de UCI ya mencionado.

El proceso a seguir será nuevamente llamar mediante la central telefónica, con el número 9, al médico cardiólogo hemodinamista asignado durante el día o de

disponibilidad durante las guardias, para que el paciente sea llevado inmediatamente a cateterismo.

Luego de esto, el paciente debe de ser llevado a la Unidad de Cuidados Intensivos quirúrgicos.

El traslado desde emergencias hacia hemodinamia y luego de este a la UCI quirúrgica, estará a cargo del médico asistente en Cuidados Intensivos y del personal de enfermería de dicha unidad.

5.2.7 Algoritmo resumen del protocolo para ED ECMO

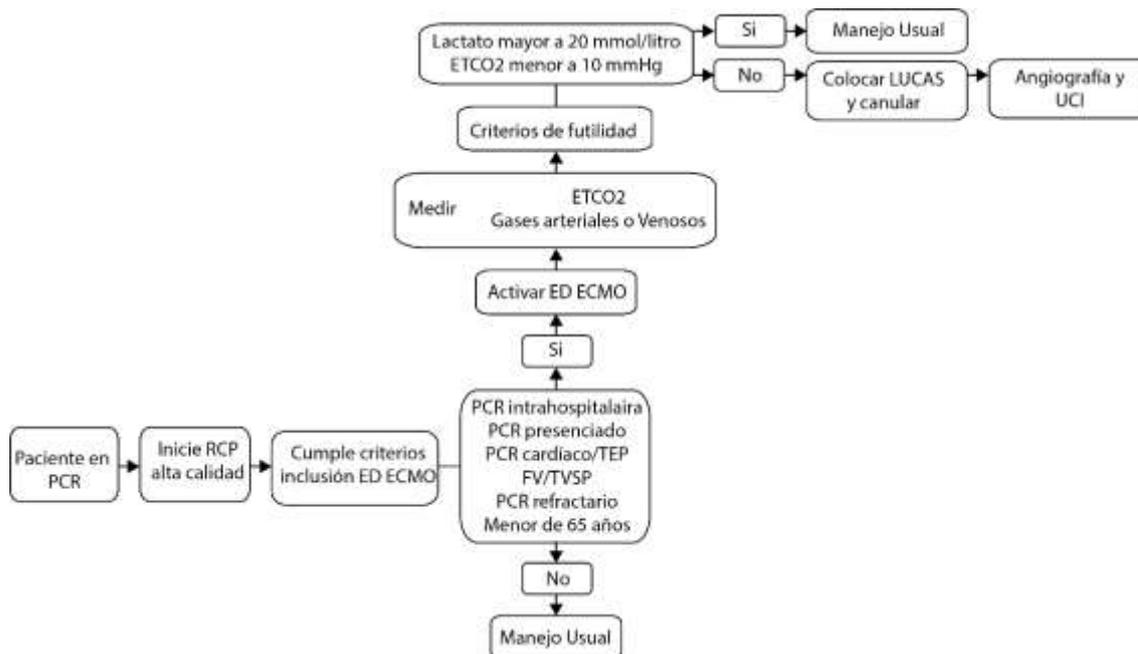


Imagen 4. Algoritmo del protocolo propuesto para ED ECMO

6. Conclusiones

La terapia ECMO es una herramienta útil y que puede cambiar la evolución de los pacientes si se logra hacer una adecuada selección de los candidatos e iniciar la misma de manera temprana.

Para un adecuado funcionamiento del protocolo es fundamental el trabajo multidisciplinario, donde cada parte del equipo tenga clara su función y deberes en el proceso.

Este trabajo es la primer propuesta elaborada para la implementación de la terapia ECMO desde el servicio de emergencias. Tomando en cuenta la literatura más actual, protocolos ya desarrollados a nivel internacional, la experiencia del servicio Cuidado Intensivos Quirúrgicos y la opinión del servicio de Emergencias del Hospital R. A. Calderón Guardia, es que se dan las siguientes recomendaciones para que el sistema funcione de manera exitosa:

- Personal mínimo necesario a capacitar: 2 médicos asistentes emergenciólogos y a un licenciado en enfermería en el manejo de ECMO y en ECPR
- Pasos del manejo: identificación del paciente candidato a ED ECMO utilizando un “check list”, activación del sistema, determinación de criterios de futilidad, colocación del LUCAS, canulación en emergencias, angiografía coronaria e ingreso a UCI.
- Algoritmo: la imagen 9 ilustra el algoritmo propuesto para llevar a cabo el proyecto de ED ECMO.

7. Bibliografía

1. Youngquist S, Scheppke K, Pepe P. Supportive technology in the resuscitation of out-of-hospital cardiac arrest patients. *Curr Opin Crit Care* 2017, 23:000–000.
2. Girotra S, van Diepen S, Nallamothu BK, et al. Regional variation in out-of-hospital cardiac arrest survival in the United States. *Circulation* 2016; 133:2159–2168.
3. Josephson M. Sudden cardiac arrest. *Indian heart journal* 66 (2014) s2 es3
4. Yannopoulos D, Aufderheide TP, Abella BS, et al. Quality of CPR: an important effect modifier in cardiac arrest clinical outcomes and intervention effectiveness trials. *Resuscitation* 2015; 94:106–113.
5. The Public Access Defibrillation Trial Investigators. Public-access defibrillation and survival after out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 2004; 351:637–646.
6. Chan P, et al. Recent Trends in Survival From Out-of-Hospital Cardiac Arrest in the United States. *Circulation*. 2014;130:1876-1882
7. Abrams D, Combes A, Brodie D. Extracorporeal Membrane Oxygenation in Cardiopulmonary Disease in Adults. *J Am Coll Cardiol* 2014;63:2769–78
8. Zapol WM, Snider MT, Hill JD, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in severe acute respiratory failure: a randomized prospective study. *JAMA* 1979; 242(20):2193–6.
9. Morris AH, Wallace CJ, Menlove RL, et al. Randomized clinical trial of pressurecontrolled inverse ratio ventilation and extracorporeal CO2 removal for adult respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;149(2):295–305.
10. Conventional Ventilation or ECMO for Severe Adult Respiratory Failure Trial Investigators. CESAR trial: ISRCTN47279827. Available at: <http://www.cesar-trial.org/>. Accessed May 27, 2008.

11. Cavarocch N. Introduction to Extracorporeal Membrane Oxygenation. *Crit Care Clin* 33 (2017) 763–766
12. Hill JD, O'Brien TG, Murray JJ, et al. Prolonged extracorporeal oxygenation for acute post-traumatic respiratory failure (shock-lung syndrome). Use of the Bramson membrane lung. *N Engl J Med* 1972;286(12):629–34
13. Karagiannidis C, Brodie D, Strassmann S, et al. Extracorporeal membrane oxygenation: evolving epidemiology and mortality. *Intensive Care Med* 2016; 42(5):889–96.
14. King C, et al. Cardiac Support Emphasis on Venoarterial ECMO. *Crit Care Clin* 33 (2017) 777–794
15. Youngquist ST, Hartsell S, McLaren D, Hartsell S. The use of prehospital variables to predict acute coronary artery disease in failed resuscitation attempts for out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2015; 92:82–87.
16. Wang GN, Chen XF, Qiao L, et al. Comparison of extracorporeal and conventional cardiopulmonary resuscitation: a meta-analysis of 2 260 patients with cardiac arrest. *World J Emerg Med* 2017;8(1):5–11.
17. Tonna JE, Selzman CH, Mallin MP, et al. Development and implementation of a comprehensive, multidisciplinary emergency department extracorporeal membrane oxygenation program. *Ann Emerg Med* 2017
18. BrownKL, DaltonHJ. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation: ECPR. Chapter 23. In: Annich GM, Lynch WR, MacLaren G, et al, editors. *ECMO. Extracorporeal cardiopulmonary support in critical care*. 4th edition. Ann Arbor (MI): Extracorporeal Life Support Organization; 2012. p. 363–70.
19. Gibbon Jr JH. Application of a mechanical heart and lung apparatus to cardiac surgery. *Minn Med*. 1954;37(3):171–85.
20. Lamhaut L, Jouffroy R, Soldan M, Phillipe P, Deluze T, Jaffry M, et al. Safety and feasibility of prehospital extra corporeal life support implementation by non-

- surgeons for out-of-hospital refractory cardiac arrest. *Resuscitation*. 2013;84(11):1525–9.
21. Yusuff HO, Zochios V, Vuylsteke A. Extracorporeal membrane oxygenation in acute massive pulmonary embolism: a systematic review. *Perfusion*. 2015;30(8):611–6.
22. Jarosz A, Darocha T, Kosinski S, Zietkiewicz M, Drwila R. Extracorporeal membrane oxygenation in severe accidental hypothermia. *Intensive Care Med*. 2015;41(1):169–70.
23. Kim KI, Lee WY, Kim HS, Jeong JH, Ko HH. Extracorporeal membrane oxygenation in near-drowning patients with cardiac or pulmonary failure. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2014;22:77.
24. St-Onge M, Fan E, Megarbane B, Hancock-Howard R, Coyte PC. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for patients in shock or cardiac arrest secondary to cardiotoxicant poisoning: a cost-effectiveness analysis. *J Crit Care*. 2015;30(2):437 e437–414.
25. Ko M, dos Santos PR, Machuca TN, Marseu K, Waddell TK, Keshavjee S, et al. Use of single-cannula venous-venous extracorporeal life support in the management of life-threatening airway obstruction. *Ann Thorac Surg*. 2015;99(3):e63–5.
26. Palatinus JA, Lieber SB, Joyce KE, Richards JB. Extracorporeal membrane oxygenation support for hypokalemia-induced cardiac arrest: a case report and review of the literature. *J Emerg Med*. 2015;49(2):159–64.
27. King S, et al. Cardiac Support Emphasis on Venoarterial ECMO. *Crit Care Clin* 33 (2017) 777–794
28. Disponible en: <http://www.elseo.org/Registry/Statistics.aspx>. Accesado: 16/10/2017.
29. Leick J, Liebetrau C, Szardien S, Fischer-Rasokat U, Willmer M, van Linden A, et al. Door-to-implantation time of extracorporeal life support systems predicts

- mortality in patients with out-of-hospital cardiac arrest. *Clin Res Cardiol.* 2013;102(9):661–9.
30. Park SB, Yang JH, Park TK, Cho YH, Sung K, Chung CR, et al. Developing a risk prediction model for survival to discharge in cardiac arrest patients who undergo extracorporeal membrane oxygenation. *Int J Cardiol.* 2014;177(3):1031–5.
31. Ryu JA, Cho YH, Sung K, Choi SH, Yang JH, Choi JH, et al. Predictors of neurological outcomes after successful extracorporeal cardiopulmonary resuscitation. *BMC Anesthesiol.* 2015;15:26.
32. Sunde K, Callaway C. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in refractory cardiac arrest – to whom and when, that's the difficult question! *Acta Anaesthesiologica Scandinavica* 61 (2017) 369–371
33. Tonna J, Johnson N, Herwood J, et al. Practice characteristics of Emergency Department extracorporeal cardiopulmonary resuscitation (eCPR) programs in the United States: The current state of the art of Emergency Department extracorporeal membrane oxygenation (ED ECMO). *Resuscitation* (2016)
34. Joseph E. Tonna, MD*; Craig H. Selzman, MD, FACS; Michael P. Mallin, et al. Development and Implementation of a Comprehensive, Multidisciplinary Emergency Department Extracorporeal Membrane Oxygenation Program. *Ann Emerg Med.* 2016:1-9.
35. Greenwood J, Herr D. Mechanical Circulatory Support. *Emerg Med Clin N Am* 32 (2014) 851–869
36. Makdisi G, Wang I. Extra Corporeal Membrane Oxygenation (ECMO) review of a lifesaving technology. *J Thorac Dis.* 2015 Jul; 7(7): E166–E176
37. Lequier L, Horton SB, McMullan DM, et al. Extracorporeal membrane oxygenation circuitry. *Pediatr Crit Care Med* 2013;14(5 Suppl 1):S7–12

38. Napp LC, Kuhn C, Hoepfer MM, et al. Cannulation strategies for percutaneous extracorporeal membrane oxygenation in adults. *Clin Res Cardiol* 2016;105(4): 283–96.
39. Kagawa, E. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for adult cardiac arrest patients. *World J Crit Care Med* 2012; 1(2): 46-49
40. Jayaraman AL, Cormican D, Shah P, et al. Cannulation strategies in adult venoarterial and veno-venous extracorporeal membrane oxygenation: techniques, limitations, and special considerations. *Ann Card Anaesth* 2017;20(Suppl): S11–8.
41. Lamb KM, Hirose H, Cavarocchi NC. Preparation and technical considerations for percutaneous cannulation for veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation. *J Card Surg* 2013;28(2):190–2.
42. Shin TG, Choi JH, Jo IJ, Sim MS, Song HG, Jeong YK, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in patients with in-hospital cardiac arrest: a comparison with conventional cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med*. 2011;39 (1):1–7.
43. 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.
44. Maekawa K, Tanno K, Hase M, Mori K, Asai Y. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for patients with out-of-hospital cardiac arrest of cardiac origin: a propensity-matched study and predictor analysis. *Crit Care Med*. 2013;41(5):1186–96.
45. Wang CH, Chou NK, Becker LB, Lin JW, Yu HY, Chi NH, et al. Improved outcome of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest—a comparison with that for extracorporeal rescue for in-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 2014;85(9):1219–24.

46. Leick J, Liebetrau C, Szardien S, Fischer-Rasokat U, Willmer M, van Linden A, et al. Door-to-implantation time of extracorporeal life support systems predicts mortality in patients with out-of-hospital cardiac arrest. *Clin Res Cardiol.* 2013;102(9):661–9.
47. Ortega-Deballon I, Hornby L, Shemie S, Bhanji Fj, Elena Guadagnok. Extracorporeal resuscitation for refractory out-of-hospital cardiac arrest in adults: A systematic review of international practices and outcomes. *Resuscitation* 101 (2016) 12–20
48. Bellezzo-JM. Emergency Physician-Initiated Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation. *Resuscitation* 2012;83:966
49. SAVE-J Study Group. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with out-of-hospital cardiac arrest: A prospective observational study. *Resuscitation.* 2014;85(6):762-8. PubMed ID: 24530251
50. Johnson NJ, et al. Extracorporeal life support as rescue strategy for out-of-hospital and emergency department cardiac arrest. *Resuscitation* (2014).
51. Avalli L, Maggioni E, Formica F, et al. Favourable survival of in-hospital compared to out-of-hospital refractory cardiac arrest patients treated with extracorporeal membrane oxygenation: an Italian tertiary care centre experience. *Resuscitation* 2012; 83:579–583.
52. Tonna J, et al. Development and Implementation of a Comprehensive, Multidisciplinary Emergency Department Extracorporeal Membrane Oxygenation Program. *Ann Emerg Med.* 2016;:-1-9.
53. Palanzo DA, Baer LD, El-Banayosy A, et al. Choosing a pump for extracorporeal membrane oxygenation in the USA. *Artif Organs.*2014;38:1-4.
54. Fitzgerald D, et al. Staffing, Equipment, Monitoring Considerations for Extracorporeal Membrane Oxygenation. *Crit Care Clin* 33 (2017) 863–881

55. Boedy RF, Howell CG, Kanto WP Jr. Hidden mortality rate associated with extracorporeal membrane oxygenation. *J Pediatr* 1990;117:462–4.
56. Lunz D, Philipp A, Judemann K, et al. First experience with the Deltastream(R) DP3 in venovenous extracorporeal membrane oxygenation and air-supported inter-hospital transport. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2013;17(5):773–7.
57. Vaja R, Chauhan I, Joshi V, et al. Five-year experience with mobile adult extracorporeal membrane oxygenation in a tertiary referral center. *J Crit Care* 2015;30(6): 1195–8.
58. Clement KC, Fiser RT, Fiser WP, et al. Single-institution experience with interhospital extracorporeal membrane oxygenation transport: a descriptive study. *Pediatr Crit Care Med* 2010;11(4):509–13.
59. Bryner B, Cooley E, Copenhaver W, et al. Two decades' experience with interfacility transport on extracorporeal membrane oxygenation. *Ann Thorac Surg* 2014; 98(4):1363–70.
60. Biscotti M, Agerstrand C, Abrams D, et al. One hundred transports on extracorporeal support to an extracorporeal membrane oxygenation center. *Ann Thorac Surg* 2015;100(1):34–9 [discussion: 39–40].
61. Broman LM, Holzgraefe B, Palme´ r K, et al. The Stockholm experience: interhospital transports on extracorporeal membrane oxygenation. *Crit Care* 2015;19:278.
62. Cannon JW, Allan PF, Phillip A, et al. Inter-hospital transport of the ECMO patient from concept to implementation. In: Annich GM, Lynch WR, MacLauren G, et al, editors. *ECMO: extracorporeal cardiopulmonary support in critical care*. 4th edition. Ann Arbor (MI): Extracorporeal Life Support Organization; 2012.
63. Lamb K, Hirose H. Vascular Complications in Extracorporeal Membrane Oxygenation. *Crit Care Clin* 33 (2017) 813–824
64. Foley PJ, Morris RJ, Woo EY, et al. Limb ischemia during femoral cannulation for cardiopulmonary support. *J Vasc Surg* 2010;52:850–3.

65. Lamb KM, DiMuzio PJ, Johnson A, et al. Arterial protocol including prophylactic distal perfusion catheter decreases limb ischemia complications in patients undergoing extracorporeal membrane oxygenation. *J Vasc Surg* 2017;65(4):1074–9.
66. Roussel A, Al-Attar N, Alkhoder S, et al. Outcomes of percutaneous femoral cannulation for venoarterial extracorporeal membrane oxygenation support. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care* 2012;1(2):111–4.
67. Vallabhajosyula P, Kramer M, Lazar S, et al. Lower-extremity complications with femoral extracorporeal life support. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2016;15:1738–44.
68. Greason KL, Hemp JR, Maxwell M, et al. Prevention of distal limb ischemia during cardiopulmonary support via femoral cannulation. *Ann Thorac Surg* 1995;60: 209–10.
69. Gander JW, Fisher JC, Reichstein AR, et al. Limb ischemia after common femoral artery cannulation for venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: an unresolved problem. *J Pediatr Surg* 2010;45:2136–40.
70. Haley MJ, Fisher JC, Ruiz-Elizalde AR, et al. Percutaneous distal perfusion of the lower extremity after femoral cannulation for venoarterial extracorporeal membrane oxygenation in a small child. *J Pediatr Surg* 2009;44:437–40.
71. Schachner T, Bonaros N, Bonatti J, et al. Near infrared spectroscopy for controlling the quality of distal leg perfusion in remote access cardiopulmonary bypass. *Eur J Cardiothorac Surg* 2008;34:1253–4.
72. Yao F, Tseng C, Ho C, et al. Cerebral oxygenation is associated with early postoperative neuropsychological dysfunction in patients undergoing cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2004;18(5):552–8.
73. Steffen RJ, Sale S, Anandamurthy B, et al. Using near-infrared spectroscopy to monitor lower extremities in patients on venoarterial extracorporeal membrane oxygenation. *Ann Thorac Surg* 2014;95(5):1853–4.

74. Kim DJ, Cho YJ, Park SH, et al. Near-infrared spectroscopy monitoring for early detection of limb ischemia in patients on veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation. *ASAIO J* 2017. [Epub ahead of print].
75. Bisdas T, Beutel G, Warnecke G, et al. Vascular complications in patients undergoing femoral cannulation for extracorporeal membrane oxygenation support. *Ann Thorac Surg* 2011;92:626–31.
76. Roussel A, Al-Attar N, Alkhoder S, et al. Outcomes of percutaneous femoral cannulation for venoarterial extracorporeal membrane oxygenation support. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care* 2012;1(2):111–4.
77. Sambol EB, McKinsey JF. Local complications: endovascular. In: Cronenwett JL, Johnson W, editors. *Rutherford's vascular surgery*. 8th edition. Philadelphia: Elsevier; 2014. p. 704–22.
78. Turney EJ, Lydon SP. Technique: endovascular diagnostic. In: Cronenwett JL, Johnson W, editors. *Rutherford's vascular surgery*. 8th edition. Philadelphia: Elsevier; 2014. p. 1304–21.
79. Zimpfer D, Heinisch B, Czerny M, et al. Late vascular complications after extracorporeal membrane oxygenation support. *Ann Thorac Surg* 2006;81:892–5.
80. Lamb KM, DiMuzio PJ, Johnson A, et al. Arterial protocol including prophylactic distal perfusion catheter decreases limb ischemia complications in patients undergoing extracorporeal membrane oxygenation. *J Vasc Surg* 2017;65(4):1074–9.
81. Kalish A, Farber A, Homa K, et al. Factors associated with surgical site infection after lower extremity bypass in the Society for Vascular Surgery (SVS) Vascular Quality Initiative (VQI). *J Vasc Surg* 2014;60(5):1238–46.
82. Shih PK, Cheng HT, Wu CI, et al. Management of infected groin wounds after vascular surgery. *Surg Infect (Larchmt)* 2013;14(3):325–30.

83. CCSS.sa.cr [Internet]. Costa Rica: CCSS; 2015 [citado 29 dic 2017].
Disponibile en: www.ccss.sa.cr/noticia?servicio-de-emergencias-del-calderon-guardia-con-nuevo-sistema-de-clasificacion-de-pacientes