

ARTICULO DE REVISION

A propósito de la contingencia COVID-19. **ECMO en el adulto: Oxigenación por membrana extracorpórea. Qué, cómo y cuándo.**

Título abreviado: INDICACIONES ECMO EN EL ADULTO

Díaz Rodrigo¹⁻⁵; Antonini Marta Velia^{2-5 a}; Orrego Rodrigo³; Abrams Darryl⁴⁻⁵.

1.Unidad de ECMO, Clínica las Condes, Santiago Chile; 2. Universidad de Parma, Parma, Italia 3. Hospital Regional de Concepción, Concepción, Chile. 2. Center for Acute Respiratory Failure, Columbia University Medical Center, New York, NY, EEUU; 5. Miembros "ECMOed Task Force".

a: Enfermera perfusionista y de cuidados intensivos.

Contacto autor correspondiente: Rodrigo Díaz Gómez, Estoril 450, Clínica las Condes, Santiago de Chile. +56982099205. diazrodrigo@me.com

Trabajo sin apoyo financiero

ECMO (Extracorporeal Membrane Oxygenation) es un sistema de soporte vital extracorpóreo para pacientes que presentan falla pulmonar catastrófica, insuficiencia cardíaca aguda o requieren reanimación cardiopulmonar extracorpórea.

Cuando la condición clínica del paciente no permita su traslado seguro, se debe realizar la canulación previa al traslado, permitiendo la estabilización del paciente y su posterior transporte a un centro ECMO. En el siguiente artículo se revisarán las definiciones de soporte extracorpóreo, sus indicaciones, resultados esperables y experiencia internacional, con una breve mención sobre cuándo y cómo decidir la eventual conexión a ECMO en pacientes con insuficiencia respiratoria grave por SARS-Cov2.

ECMO (Extracorporeal Membrane Oxygenation) is an extracorporeal life support system in catastrophic lung failure, shock and cardiopulmonary resuscitation, in different age groups, with multiple physiologic features. When the candidate to be submitted is too unstable to be transported to a hospital with ECMO, cannulation before transfer allows stabilization and subsequent transport. In this article we will review the definitions in extracorporeal support, indications, expected results and international experiences, with a brief mention of how to decide in this period of pandemic whether to connect a patient with severe respiratory failure due to SARS-COV2.

Key Words: Extracorporeal Membrane Oxygenation; Respiratory Distress Syndrome, Adult; Shock, Cardiogenic

INTRODUCCIÓN

Desde el año 2009, el uso de tecnologías extracorpóreas en el soporte circulatorio y pulmonar de adultos ha aumentado, tiempo que coincidió con la publicación del estudio aleatorizado CESAR (Conventional Ventilatory Support vs Extracorporeal Membrane Oxygenation for Severe Adult Respiratory Failure) y la pandemia de Influenza H1N1 (1). El ensayo EOLIA (ECMO to Rescue Lung Injury in Severe ARDS), publicado en 2018, no mostró una diferencia estadísticamente significativa de mortalidad a los 60 días en Distress Respiratorio Severo (SDRA), pero sí una tendencia importante a favor del ECMO, con mucho cruce de pacientes del grupo control a soporte (2), si bien los resultados son controversiales en su interpretación (3), el consenso en general, es que la decisión es caso a caso. Hay indicaciones, como el tromboembolismo pulmonar masivo, el puente a trasplante pulmonar, las descompensaciones de enfermedades pulmonares crónicas, shock cardiogénico, algunas situaciones de alto riesgo quirúrgico y el paro cardiorrespiratorio presenciado. Hace dos años ELSO (Extracorporeal Life Support Organization), propuso una nueva nomenclatura (4,5), lo que ordena algunas definiciones, dejando la extracción extracorpórea de CO₂ (ECCO₂R por su siglas en inglés), fuera del término ECMO (Figura 1). En esta figura se aprecia que para

las fallas respiratorias la elección es la canulación veno venosa, y para las cardíacas las veno arteriales.

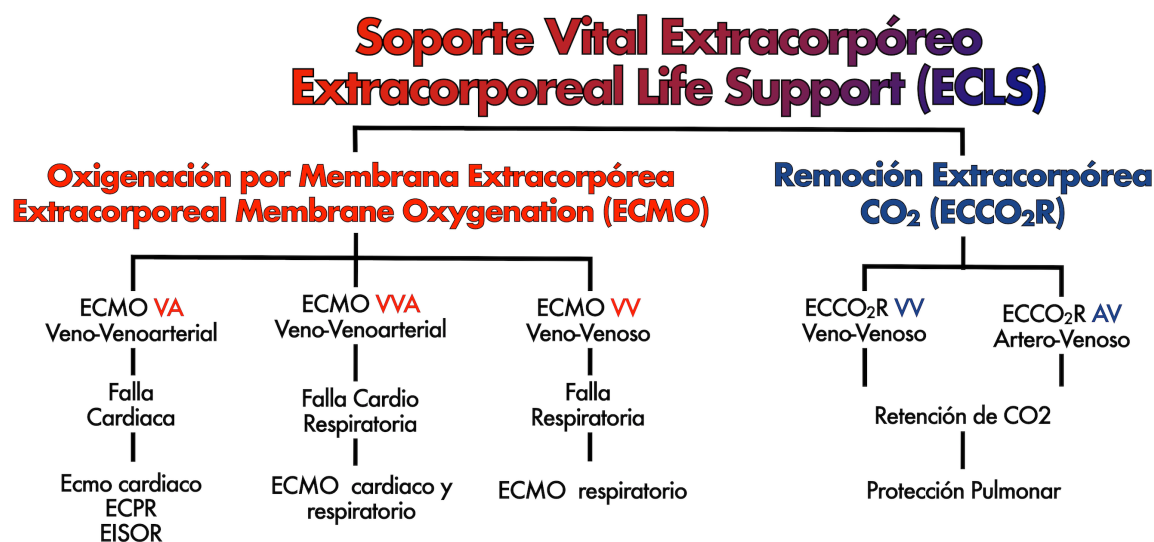


FIGURA 1: Relación sistema-modo de soporte e indicación de ECLS.

VA: veno arterial; VVA venovenosoarterial; VV veno venoso; ECCO₂R: remoción CO₂ extracorpórea; AV: arterio venosa; ECPR: reanimación cardiopulmonar extracorpórea; EISOR: extracorporeal interval support for organ retrieval.

Reprinted with permission of the American Thoracic Society. Copyright © 2019 American Thoracic Society. Conrad S et al. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 198(4), 447-451. *The American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* is an official journal of the American Thoracic Society.

Desde hace 30 años los resultados de esta técnica son llevados en la base de datos ELSO, que cuenta actualmente con más de cien mil registros en ella, seis centros en Chile reportan activamente a ella, Latino America ha aportado aproximadamente un 1% de los datos (tabla 1).

El objetivo de esta revisión es describir, en el paciente adulto, las indicaciones más comunes de soporte vital extracorpóreo (ECLS por su siglas en inglés). Se discutirá también la información disponible de ECLS y COVID (6).



ECLS Reporte del Registro, Resultados - Resumen Internacional

Enero 2020



Enero 2020

	Total casos	Salida de ECMO		Sobrevivida al alta o traslado	
Neonatal					
Respiratorio	32285	28417	87%	23675	73%
Cardiaco	8830	6097	69%	3818	43%
ECPR	2035	1427	70%	861	42%
Pediátrico					
Respiratorio	10346	7471	72%	6199	59%
Cardiaco	12538	9042	72%	6667	53%
ECPR	4945	2940	59%	2086	42%
Adulto					
Respiratorio	24395	16971	69%	14714	60%
Cardiaco	25488	15184	59%	11191	43%
ECPR	8075	3363	41%	2387	29%
Total	129037	90912	70%	71598	55%

TABLA 1: Registro Internacional ELSO Julio 2019 (BIBLIO)

Fuente: International Summary - July, 2019 . Extracorporeal Life Support Organization 2800 Plymouth Road Building 300, Room 303 Ann Arbor, MI 48109.

INDICACIONES:

I. FALLA RESPIRATORIA CATASTRÓFICA

La indicación más frecuente de ECMO veno venoso (VV) es la falla respiratoria catastrófica (7), la cual tiene varias definiciones, que sin embargo tienen como factor común el fracaso a las medidas convencionales más avanzadas. La demora en la decisión lleva a mayor mortalidad, pero es adecuado cumplir con los siguientes pasos:

1. Identificar causa.
2. Ventilación mecánica protectora con PEEP alto, pero manteniendo una presión diferencial < 15 cm H₂O.
3. Restricción de fluidos (8).
4. Bloqueo neuromuscular (9).

5. Prueba de pronó (se sugiere 6 horas post pronó reevaluar mecánica pulmonar y relación PaFiO_2).
6. Cumplido lo anterior, CONSIDERAR ECMO, siguiendo los siguientes criterios:
 - a) Paciente hipoxémico con compliance severamente disminuida (ver tabla 2).
 - b) Hipercapnea sostenida (grupo de mayor beneficio del ECMO en diferencia de mortalidad en el estudio EOLIA) (10).
 - c) Otras Indicaciones como fuga aérea masiva ($> 50\%$ del Volumen Corriente) (11).
 - d) Contraindicaciones relativas (Criterio conservador extraído de estudio EOLIA):
 - Ventilación mecánica por 7 días o más.
 - Peso de más de 1 kg por centímetro de altura o un índice de masa corporal > 45 .
 - Insuficiencia respiratoria crónica a largo plazo con oxígeno domiciliario o ventilación no invasiva.
 - Antecedentes de trombocitopenia inducida por heparina.
 - Cáncer con una esperanza de vida de menos de 5 años.
 - Condición moribunda o un valor de puntuación de fisiología aguda simplificada (SAPS-II) de más de 90 (0 a 163).
 - Coma actual después de un paro cardíaco, no inducido por drogas.
 - Lesión sistema nervioso central irreversible.

 ELSO 1. Relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 100$ y/o Murray score 3-4; IOE $> 80^*$, APSS** 8 a pesar de tratamiento convencional óptimo por ≤ 6 h 2. Retención de CO_2 a pesar de Pplat (> 30 cm H$_2$O) 3. Fuga aérea severa 4. Necesidad de intubar paciente en lista por trasplante pulmonar 5. Colapso cardíaco o colapso respiratorio (embolia pulmonar, vía aérea bloqueada a pesar de tratamiento)	 CESAR TRIAL Falla respiratoria potencialmente reversible Murray > 3.0 pH < 7.20 a pesar de tratamiento convencional adecuado	 EOLIA TRIAL 1 Relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 50$ con $\text{FiO}_2 > 0.8$ por > 3 h 2. Relación $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 80$ con $\text{FiO}_2 > 0.8$ por 6 h 3. pH < 7.25 por 6 h con FR 35/min y VM con Pplateau < 32 cm H$_2$O	 SOCHIMI*** Paciente con causa reversible con Murray > 2.5 y VM protectora (Vt 6 ml/kg ideal) con presión diferencial < 15 cm H$_2$O con PEEP optimizado. Insuficiencia respiratoria grave que no responde a: - Prueba o ensayo con bloqueo neuromuscular en infusión continua. - Prueba o ensayo de VM en posición pronó. a. $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 100$ persistente por 4-6 horas o $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 60$ por 2 horas. b. pH < 7.0 y $\text{PaCO}_2 > 100$ por 6 horas. Indicación excepcional: paciente con diagnóstico de HANTA, independiente de sus condiciones de oxigenación. Se traslada precozmente a centro con capacidad de ECMO.
*IOE: Índice Oxigenación $[(\text{PaO}_2/\text{FiO}_2) \times \text{Presión plateau}] + \text{edad (años)}$ **APPS (age, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, and plateau pressure score) ***Consenso Chileno 2015: criterios para considerar rescate por equipo ECMO (no implica necesariamente rescate en ECMO, pero si rescate por equipo capacitado para transporte en ECMO). Paciente en quien se ha decidido que cumple criterios para derivación a centro con capacidad de ECMO, y en que, a pesar de optimización de parámetros ventilatorios no se consigue $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 > 60$. Para pacientes que requieran un traslado que requiera avión para su transporte se sugiere emplear límite de $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ de 80.			

TABLA 2: Criterios de Ingreso a ECMO en falla respiratoria catastrófica en SDRA

Índice Oxigenación: $100 \times \text{FiO}_2 \times (\text{Presión plateau}/\text{PaO}_2)$

IOE (índice oxigenación+edad): IO + edad (años)

APPS (edad- age, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, y presión plateau- plateau pressure score)

La mortalidad en ECMO en pacientes con falla respiratoria catastrófica tiene determinantes como: edad, días previos de ventilación mecánica, falla de órganos, etiología de la patología pulmonar y el estado inmunológico. En la tabla 3 se aprecian las sobrevividas observadas en distintas series.

II. OTRAS APLICACIONES RESPIRATORIAS

1. Puente de pacientes a trasplante pulmonar (Bridge To Transplant, BTT por sus siglas en inglés) (Ver figura 2).

2. Otras formas de hipoxemia refractaria o insuficiencia respiratoria hipercapnica.
3. Tumores, malformaciones o cuerpos extraños y otras emergencias de la vía aérea (12).



Series de **ECMO VV** por falla respiratoria

Autor	Año	# pacientes	Sobrevida
Zapol	1979	42	0.1
Gattinoni	1986	43	0.49
Peek	1997	50	0.66
Mols	2000	62	0.55
Linden	2000	15	0.76
Hemmila et al	2004	252	0.52
Brogan	2009	1473	0.50
CESAR	2009	180	0.63
ANZ ECMO	2009	68	0.71
PRESERVE	2013	140	0.64
CLC	2019	146	0.63
EOLIA	2018	124	0.65

TABLA3: Series de pacientes ECMO VV por falla respiratoria. CLC= Clinica las Condes.

En el caso del BTT , la movilizacion y reacondicionamiento físico se ven facilitados por el ECMO, y son una variable muy importante en el éxito del trasplante (13).



FIGURA 2: Paciente en puente a trasplante bipulmonar por hipertension pulmonar (con permiso).

III. SHOCK CARDIOGÉNICO

En las descripciones del shock cardiogénico (SC) siempre hay dos componentes básicos: hipotensión e hipoperfusión tisular (confusión mental, mareos, extremidades frías, oliguria, presión de pulso disminuida, acidosis

metabólica, lactato elevado, creatinina elevada) (14). La mayor causa (aproximadamente un 80%) es la cardiopatía isquémica, seguida por insuficiencia cardíaca crónica descompensada (11%), disfunciones valvulares y otras causas mecánicas (6%), miocarditis (2%) y cardiomiopatía inducida por estrés (2%) (15,16).

Debido a que la mortalidad está asociada a la gravedad de los trastornos hemodinámicos (17), es importante poder estratificar el riesgo de estos pacientes, para así considerar, como en todas las otras indicaciones de ECMO, una adecuada relación riesgo vs beneficio. La clasificación de la Sociedad de Angiografía Intervencional da cuenta de esto (Figura 3).

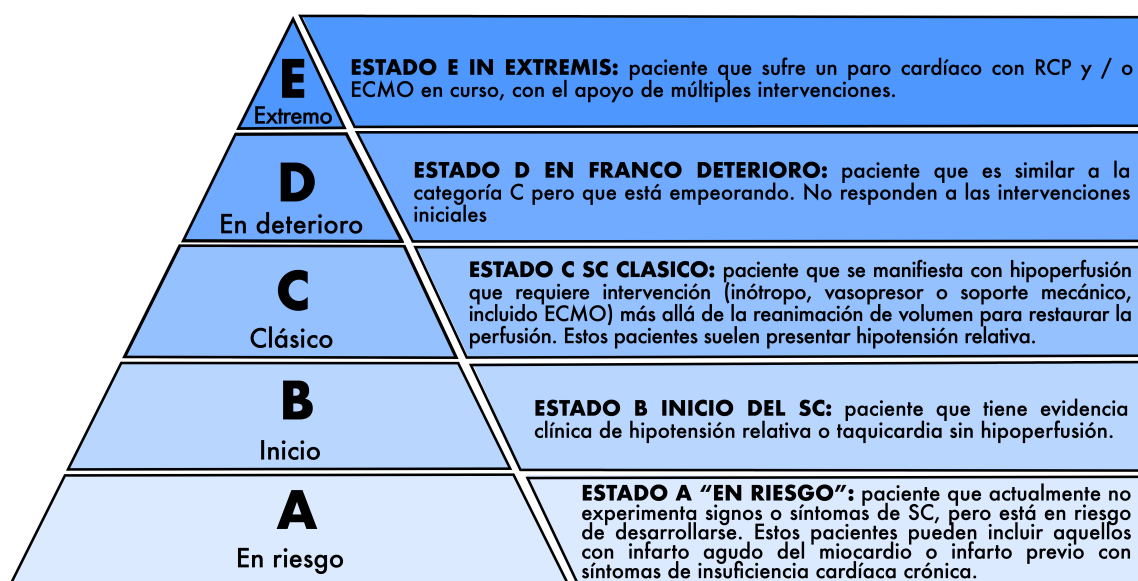


FIGURA 3: Clasificación del Shock Cardiogénico de la SCAI (Society for Cardiovascular Angiography and Intervention). Abreviaturas: Reanimación cardiopulmonar RCP; Oxigenación con membrana extracorpórea ECMO; Shock Cardiogénico SC. BARAN, David A., et al. SCAI clinical expert consensus statement on the classification of cardiogenic shock. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, 2019, vol. 94, no 1, p. 29-37. Con permiso: John Wiley and Sons.

En etapa refractaria, es decir, la hipotensión e hipoperfusión no responden al tratamiento médico (con o sin uso de balón de contrapulsación), el soporte circulatorio temporal (SCT) puede revertir la situación(18).

El ECLS veno-arterial proporciona soporte respiratorio y cardiaco, entregando el flujo sanguíneo sistémico necesario a órganos vitales de pacientes en shock, mientras se revierte la disfunción cardiaca, o como puente a otras alternativas. El ECMO podría estar asociado a mejores resultados en este contexto (19) y se considera de "primera línea" ya que la canulación es relativamente sencilla, proporciona flujos altos, y a un costo menor que otros dispositivos (20).

Una publicación reciente, que establece un enfoque estandarizado basado en equipos (shock team), ha mostrado una mejora de los resultados del SC, aumentando significativamente la supervivencia a 30 días desde un 47% al 76,6% (21). El reconocimiento rápido, la monitorización avanzada, el trabajo en equipo, las estrategias de reperfusión adecuadas y la indicación temprana de soporte circulatorio mecánico son esenciales para mejorar los resultados en el shock cardiogénico. Nunca olvidar que el ECMO en falla cardiaca es una excelente herramienta para mantener el flujo a los órganos terminales, pero es un soporte que puede aumentar severamente la postcarga del ventrículo izquierdo y comprometer su viabilidad, por lo que es un punto que hay que monitorizar periódicamente e intervenir precozmente de ser necesario (22).

IV. SEPSIS

Su uso en shock séptico es controversial en adultos, las series publicadas son escasas y no existen estudios aleatorizados de ECLS en esta condición. La sobrevida del ECMO VA es más baja en pacientes sépticos vs no sépticos, pero parece haber una diferencia relevante en resultados si existe o no falla ventricular, siendo paradójicamente más alta cuando esta está presente, quizás porque es en el escenario de hipotensión y mala perfusión por falla de bomba, donde fisiológicamente el ECMO tiene un rol, al sustituir temporalmente la función del corazón, en los estudios de Park, Cheng y Ro ese fue el caso, principalmente pacientes con shock pero sin disfunción ventricular (ver Tabla 4).



Series de ECMO en Shock Séptico

Autor/año	Ciudad/Pais	ECMO configuración	n	Edad	Paro PRE ECMO	Foco Infección	Sobrevida al alta
Brechot (2013)	Paris, Francia	VA periférico	14	45 (28-66)	0%	Neumonía (79%)	71%
Park (2015)	Seul, Corea	VA periférico	32	55	44%	Neumonía (34.4%)	22%
Cheng (2016)	Taipei, Taiwan	VA 80% VV 20%	151	51 (17-87)	25%	Neumonía (50.3%)	30%
Von Bar (2017)	Estocolmo, Suecia	VA VV 68%	255	46 (33-58)	0%	Neumonía (72%)	64%
Vogel (2018)	Londres, UK	VA periférico	12	40.5 (23.7-50)	42%	Neumonía (83%)	75%
Ro (2018)	Seul, Corea	VA periférico	71	56.0 ±12.3	12%	Neumonía (70%)	7%
Falk (2019)	Estocolmo, Suecia	VA periférico	37	54.7 (23-74)	excluidos	No reportado	59.5%

Tabla 4. Series de ECMO en Shock Séptico (adultos).

Huang et al sugieren un corte de edad a los 60 años (23). Park y Cheng identifican en análisis multivariado, que el paro en shock séptico determina una mayor mortalidad (al punto que es una fuerte contraindicación para ECLS en este contexto) (24,25). Factores asociados a mayor sobrevida, que se repiten en distintas series son: foco pulmonar, ECMO VV, NO RCP previa, menor tiempo desde la sepsis a la conexión del ECMO, función ventricular anormal o biomarcadores de daño miocárdicos en valores elevados.

Aunque se necesitan más datos y estudios al respecto, el ECLS parece tener un lugar en:

1. Disfunción pulmonar severa y shock séptico, con sobrevida alrededor de un 70% (indicación es ECMO VV).
2. Shock séptico con disfunción uni o biventricular y deuda de oxígeno persistente que no responde a medidas habituales (indicación es ECMO VA), con sobrevida alrededor del 70%. Cuando el patrón hemodinámico es puramente de hipotensión dada por vasoplegia, no tiene buen resultado, aunque la serie publicada por el grupo sueco en 2019 muestra resultados aceptables incluso en esa población, pero es un grupo de gran experiencia, difícil de extrapolar al resto de los centros y

pacientes conectados en promedio antes de las 6 horas a ECMO (26). En la figura 4 se puede ver un algoritmo de decisión para usar como referencia en estos casos.

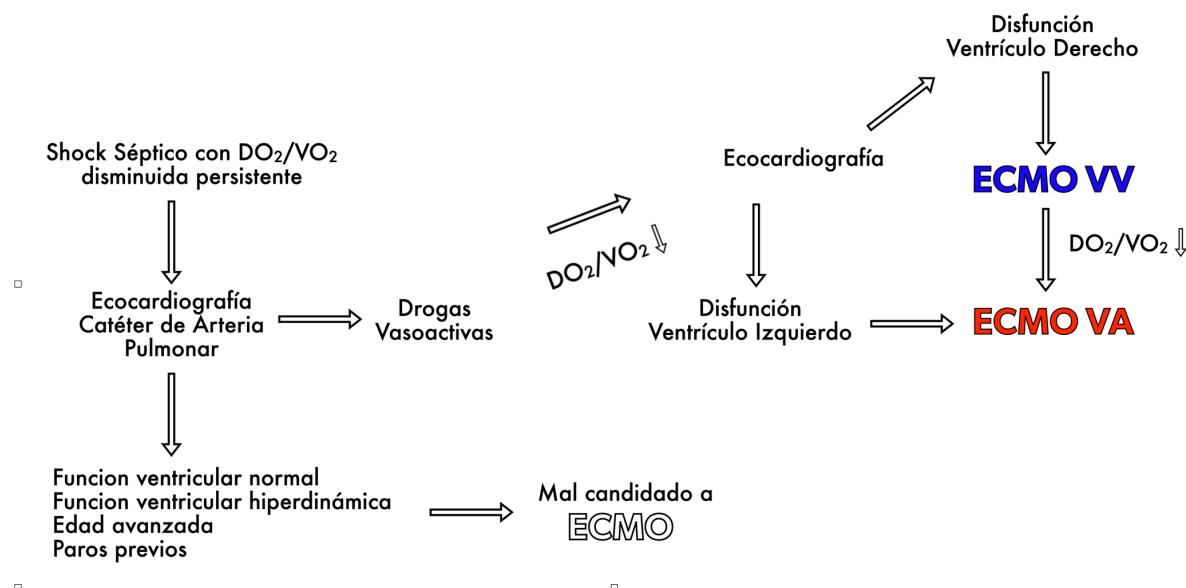


Figura 4: ALGORITMO PROPUESTO (protocolo Clinica las Condes)

V. REANIMACIÓN CARDIOPULMONAR EXTRACORPÓREA

ECPR (extracorporeal cardiopulmonary resuscitation), el acrónimo por el cual se conoce esta modalidad, es la utilización del soporte ECMO de despliegue rápido, para proporcionar apoyo circulatorio en pacientes que no logran retorno sostenido de la circulación espontánea (ROSC)(5).

El determinante más importante del resultado, es el tiempo para el soporte vital básico (compresiones toraxicas), pero es también, en la práctica, una de las variables más difíciles de determinar en el momento de la decisión. El intervalo desde el paro hasta el comienzo de la reanimacion cardiopulmonar (RCP) se debe considerar como un período sin flujo, mientras que el tiempo de RCP es un período de bajo flujo, con circulación subóptima (27) (Ver Figura 5).

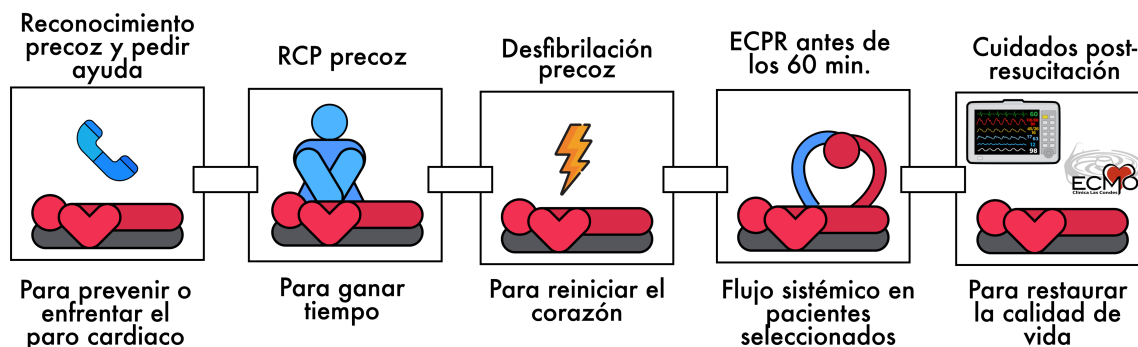


Figura 5: ECMO como un eslabón más en la cadena de supervivencia. RCP: reanimación cardiopulmonar. ECPR: reanimación cardiopulmonar extracorpórea.

La probabilidad de supervivencia con un buen resultado neurológico disminuye rápidamente con cada minuto de RCP convencional, reduciéndose a <1% después de 16 minutos de esta. Es así que después de 16 – 21 minutos de reanimación avanzada, se puede plantear que el soporte vital extracorpóreo podría ofrecer una ventaja (27,28) (ver Figura 6), con activación y preparación del equipo de ECPR en los primeros 10 minutos de RCP y canulación dentro de los 30 - 60 minutos posteriores al colapso.

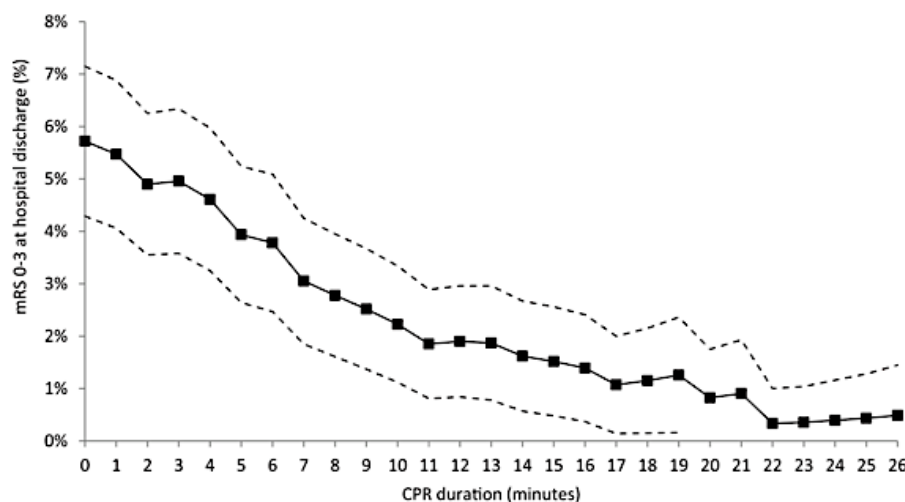


FIGURA 6: POSIBILIDAD DE SOBREVIVENCIA CON RESULTADO NEUROLÓGICO VS TIEMPO DE REANIMACIÓN. Líneas discontinuas: intervalo confianza 95%. CPR: cardiopulmonary resuscitation; mRS, modified Rankin scale. (43). REYNOLDS, Joshua C., et al. Duration of resuscitation efforts and functional outcome after out-of-hospital cardiac arrest: when should we change to novel therapies?. *Circulation*, 2013, vol. 128, no 23, p. 2488-2494. Con permiso: Wolters Kluwer Health, Inc.

La evidencia en ECPR que existe actualmente es escasa, hay en curso estudios aleatorizados , en el intertanto existen algunos meta-análisis, y estudios emparejados por puntajes de propensión , cuyos resultados son difíciles de interpretar, dada la heterogeneidad de los datos y el manejo de los pacientes y definiciones. Pero existe una tendencia a que la sobrevida al alta con buen resultado neurológico aumenta al doble en paro extrahospitalario (OHCA) de adulto (al 20-30%). Hay series publicadas de un 48% de sobrevida en OHCA por paro en fibrilación ventricular (FV) refractario definido como la falta de respuesta a 300 mg de amiodarona después de 3 ciclos y manejados inmediatamente llegando al hospital en ECMO, con estudio angiográfico posterior (29).

En paro cardíaco intrahospitalario (IHCA), en cohortes no emparejadas y estudios con grupos emparejados con puntaje de propensión, se ha encontrado una diferencia significativa en la supervivencia con respecto al alta, supervivencia a 30 días y supervivencia a 1 año que favorece el ECPR sobre la RCP convencional (30,31).

Puntos Clave:

1. La sobrevida sin ECMO en paros **refractarios** es extremadamente baja.
2. Las posibilidades de un buen resultado neurológico disminuye dramáticamente con el tiempo de soporte vital básico, soporte vital avanzado o tiempo a la canulación.
3. La asistolia como ritmo inicial prácticamente no tiene sobrevida.
4. La calidad de la evidencia es baja todavía, pero si se considera, debe hacerse precozmente.
5. Respete criterios de exclusión.
6. Es muy útil realizar un “tiempo fuera multidisciplinario” antes de canular, que son 30-60 segundos de una reunion entre el rescatista, lider de la reanimacion, médico ECMO y cardiólogo para decidir si el paciente va a ECPR o no (pausa antes de la decisión).

En la figura 7, destaca el hecho de que una vez canulado e iniciado el flujo del ECMO, se detienen las compresiones torácicas.

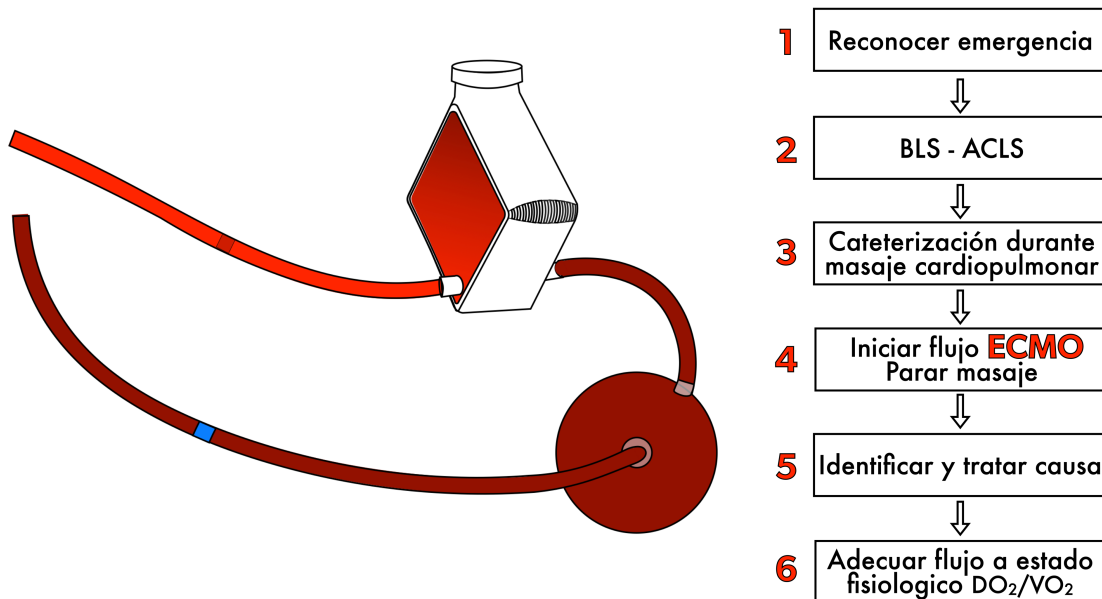


FIGURA 7: pasos en la emergencia de paro cardíaco asociado a resuscitación cardiopulmonar extracorpórea.

VI. ECMO DE TRANSPORTE INTERHOSPITALARIO

En comparación con el soporte extracorpóreo realizado en un centro ECMO, la instalación, el transporte y la recuperación de pacientes fuera de este lugar (transporte interhospitalario), requiere de esfuerzos logísticos, clínicos y organización adicional (10,32). Esto se hace generalmente en hospitales regionales, que no pueden proporcionar soporte extracorpóreo, seguido del transporte del paciente al centro especializado en ECMO (33).

El transporte convencional de un paciente crítico inestable puede ser peligroso y mortal, por lo que realizar la canulación en el centro base permite que el traslado del paciente cuente con mayor seguridad (34).

Otra indicación menos frecuente de transporte, es la necesidad de movilizar a un paciente ya conectado a ECMO, a un centro especializado en otros servicios, como trasplante cardíaco y/o pulmonar (transporte secundario).

La elección del medio de transporte esté determinada por la distancia, condiciones climáticas y disponibilidad logística (35). Independiente del tipo de transporte terrestre o aéreo, estos deben contar con un suministro eléctrico suficiente para la bomba ECMO, el calentador y todos los demás dispositivos biomédicos necesarios durante el transporte ECMO. En la figura 8: fotografía de carga de equipo en helicóptero.



FIGURA 8: ECMO DE TRANSPORTE

VII. ECMO EN PACIENTES CON FALLA RESPIRATORIA CATASTROFICA POR CORONAVIRUS

El ECMO ha sido recomendado por la Organización Mundial de la Salud (36) en pacientes con hipoxemia refractaria, pero en centros experimentados. Las guías de ELSO enfatizan que el ECMO debe considerarse como una modalidad de apoyo en centros con programas funcionando. Su uso depende mucho de la situación de la pandemia, de la disponibilidad de equipos y recursos humanos, y de los resultados que se vayan publicando, aunque por consenso la indicación se ha ajustado a pacientes más bien “jóvenes”, sin falla multiórgano y con menos de 7 días de ventilación mecánica (37, 38).

En Chile se decidió reforzar los centros ECMO públicos existentes y unificar la información con los centros privados acreditados para esto. Al 12 de Abril de 2020 existen 22 cupos en centros privados y 7 en el sistema público (Fuente Minsal) (debe considerarse que esta disponibilidad puede reducirse si los requerimientos de cupos de intensivo se ven sobrepasados). Hasta el 29 de Abril han sido conectados 6 pacientes, tres ya fuera de soporte ECMO y 3 en curso. Se siguen considerando las indicaciones de SOCHIMI MINSAL como referencia, con particular énfasis en prueba de pronóstico previa (39).

Las indicaciones y contraindicaciones para ECMO durante la pandemia, deben ajustarse periódicamente a factores locales. Las indicaciones en la mayoría de los centros es el criterio EOLIA (tabla 1). Las comorbilidades del paciente como; edad avanzada, fragilidad, enfermedad pulmonar crónica, diabetes, insuficiencia cardíaca y ventilación mecánica prolongada aumentan significativamente el riesgo de mortalidad en la infección grave por coronavirus y, en consecuencia, pueden ser contraindicaciones para ECMO (40).

ELSO ha establecido que todos los centros puedan reportar sus casos ECMO en pacientes COVID, siendo parte o no del registro previamente. Es una importante oportunidad de contribuir a los datos y análisis de estos mientras estamos viviendo

esta pandemia, disponible en:

<https://www.else.org/Registry/FullCOVID19RegistryDashboard.aspx>

VIII. CONCLUSIONES

ECMO es una tecnología compleja que está conformada por una máquina (hardware) que opera un grupo multidisciplinario (software). Las indicaciones son variadas, pero siempre tienen como objetivo normalizar la entrega/ demanda de oxígeno y de esta forma obtener tiempo. El entender modos de conexión, manejo de la coagulación, las complicaciones inherentes al sistema, el entrenamiento, la capacitación continua, el soporte institucional y el registro en una base de datos actualizada que permita comparar resultados, son necesarios para el funcionamiento de un programa ECMO.

IX. REFERENCIAS

1. 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. *The Lancet* 2009, 374 (9698):1351-63
2. Combes A, Hajage D, Capellier G, Demoule A, Lavoué S, Guervilly C, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for severe acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 2018; 378 (21):1965-1975
3. Abrams D, Ferguson ND, Brochard L, Fan E, Mercat A, Combes A, et al. ECMO for ARDS: from salvage to standard of care? *Lancet Respir Med*. 2019 Feb;7(2):108-110
4. Conrad SA, Broman LM, Taccone FS, Lorusso R, Malfetheriner MV, Pappalardo F, et al. The extracorporeal life support organization Maastricht treaty for nomenclature in extracorporeal life support. A position paper of the

- extracorporeal life support organization. *Am J Respir Crit Care Med*. 2018 ;198(4):447-451
5. Broman LM, Taccone FS, Lorusso R, Malfertheiner MV, Pappalardo F, Di Nardo M, et al. The ELSO Maastricht Treaty for ECLS Nomenclature: abbreviations for cannulation configuration in extracorporeal life support-a position paper of the Extracorporeal Life Support Organization. *Crit Care*. 2019; 23(1):36
 6. Ramanathan K, Antognini D, Combes A, Paden M, Zakhary B, Ogino M, et al. Planning and provision of ECMO services for severe ARDS during the COVID-19 pandemic and other outbreaks of emerging infectious diseases. *Lancet Respir Med*. 2020; S2213-2600(20) 30121-1
 7. Hardin C, Hibbert K. ECMO for Severe ARDS. *N Engl J Med*. 2018; 378(21):2032-2034
 8. Guérin C, Reignier J, Richard JC, Beuret P, Gacouin A, Boulain T, et al; PROSEVA Study Group. Prone positioning in severe acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2013; 368(23): 2159-68
 9. Papazian L, Forel JM, Gacouin A, Penot-Ragon C, Perrin G, Loundou A, et al; ACURASYS Study Investigators. Neuromuscular blockers in early acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2010; 363(12):1107-16
 10. Brodie D, Slutsky AS, Combes A. Extracorporeal life support for adults with respiratory failure and related indications: a review. *JAMA*. 2019; 322(6):557-568
 11. ELSO Adult Cardiac Failure Supplement to the ELSO General Guidelines. Version 1.3. December 2013. Extracorporeal Life Support Organization. Disponible en: <https://www.elseo.org/Resources/Guidelines.aspx>. [Consultado el 01 de Marzo de 2020].
 12. Abrams D, Brodie D. Extracorporeal membrane oxygenation for adult respiratory failure: 2017 update. *Chest*. 2017; 152(3):639-649
 13. Tipograf Y, Salna M, Minko E, Grogan EL, Agerstrand C, Sonett J, et al. Outcomes of Extracorporeal Membrane Oxygenation as a Bridge to Lung Transplantation. *Ann Thorac Surg*. 2019; 107(5):1456-1463

14. Harjola VP, Lassus J, Sionis A, Køber L, Tarvasmäki T, Spinar J, et al; CardShock Study Investigators; GREAT network. Clinical picture and risk prediction of short-term mortality in cardiogenic shock. *Eur J Heart Fail*. 2015; 17(5):501-9
15. Goldberg RJ, Spencer FA, Gore JM, Lessard D, Yarzebski J. Thirty- year trends (1975 to 2005) in the magnitude of, management of, and hospital death rates associated with cardiogenic shock in patients with acute myocardial infarction: a population-based perspective. *Circulation*. 2009; 119:1211–9.
16. Yip HK, Wu CJ, Chang HW, Chen MC, Hang CL, Fang CY, et al. Comparison of impact of primary percutaneous transluminal coronary angioplasty and primary stenting on short-term mortality in patients with cardiogenic shock and evaluation of prognostic determinants. *Am J Cardiol*. 2001; 87(10):1184-8; A4
17. 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 Society of Thoracic Surgeons (STS) in April 2019. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2019; 94(1):29-37
18. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland JG, Coats AJ, et al; Authors/Task Force Members; Document Reviewers. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur J Heart Fail*. 2016; 18(8):891-975
19. Sheu JJ, Tsai TH, Lee FY, Fang HY, Sun CK, Leu S, et al. Early extracorporeal membrane oxygenator-assisted primary percutaneous coronary intervention improved 30-day clinical outcomes in patients with ST-segment elevation myocardial infarction complicated with profound cardiogenic shock. *Crit Care Med*. 2010; 38(9):1810-7

20. Levy B, Bastien O, Karim B, Cariou A, Chouihed T, Combes A, et al. Experts' recommendations for the management of adult patients with cardiogenic shock. *Ann Intensive Care*. 2015; 5(1):52
21. Tehrani BN, Truesdell AG, Sherwood MW, Desai S, Tran HA, Epps KC, et al. Standardized team-based care for cardiogenic shock. *J Am Coll Cardiol*. 2019; 73(13):1659-1669
22. Cevasco, M., Takayama, H., Ando, M., Garan, A. R., Naka, Y., & Takeda, K. Left ventricular distension and venting strategies for patients on venoarterial extracorporeal membrane oxygenation. *Journal of thoracic disease* 2019, 11(4), 1676-1683.
23. Huang CT, Tsai YJ, Tsai PR, Ko WJ. Extracorporeal membrane oxygenation resuscitation in adult patients with refractory septic shock. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2013 Nov;146(5):1041-6
24. Park TK, Yang JH, Jeon K, Choi SH, Choi JH, Gwon HC, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for refractory septic shock in adults. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2015; 47(2):e68-74
25. Cheng A, Sun HY, Tsai MS, Ko WJ, Tsai PR, Hu FC, et al. Predictors of survival in adults undergoing extracorporeal membrane oxygenation with severe infections. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2016; 152(6):1526-1536.e1
26. Falk L, Hultman J, Broman LM. Extracorporeal membrane oxygenation for septic shock. *Crit Care Med*. 2019 Aug;47(8):1097-1105
27. Reynolds JC, Frisch A, Rittenberger JC, Callaway CW. Duration of resuscitation efforts and functional outcome after out-of-hospital cardiac arrest: when should we change to novel therapies?. *Circulation* 2013;128(23):2488-94
28. Kim SJ, Jung JS, Park JH, Park JS, Hong YS, Lee SW. An optimal transition time to extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for predicting good neurological outcome in patients with out-of-hospital cardiac arrest: a propensity-matched study. *Crit Care*. 2014; 18(5):535
29. Bartos JA, Carlson K, Carlson C, Raveendran G, John R, Aufderheide TP, et al. Surviving refractory out-of-hospital ventricular fibrillation cardiac arrest:

- critical care and extracorporeal membrane oxygenation management. Resuscitation. 2018; 132:47-55
30. 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
 31. Ouweneel DM, Schotborgh JV, Limpens J, Sjauw KD, Engström AE, Lagrand WK, et al. Extracorporeal life support during cardiac arrest and cardiogenic shock: a systematic review and meta-analysis. Intensive Care Med. 2016; 42(12):1922-1934
 32. Bonadonna D, Barac YD, Ranney DN, Rackley CR, Mumma K, Schroder JN, et al. Interhospital ECMO Transport: Regional Focus. Semin Thorac Cardiovasc Surg. 2019; 31(3):327-334.
 33. Vieira J, Frakes M, Cohen J, Wilcox S. Extracorporeal Membrane Oxygenation in Transport Part 1: Extracorporeal Membrane Oxygenation Configurations and Physiology. Air Med J. 2020; 39(1):56-63
 34. Grupo de trabajo ECMO de la Sociedad Chilena de Medicina Intensiva. Protocolo operativo para ECMO veno-venoso en falla respiratoria grave. Revista Chilena de Medicina Intensiva, 2015; 30: 75-78
 35. Lindén V, Palmér K, Reinhard J, Westman R, Ehrén H, Granholm T, et al. Inter-hospital transportation of patients with severe acute respiratory failure on extracorporeal membrane oxygenation—national and international experience. Intensive Care Med. 2001; 27(10):1643-8
 36. World Health Organization. Clinical management of severe acute respiratory infection (SARI) when COVID-19 disease is suspected: interim guidance, 13 March 2020. WHO/2019-nCoV/clinical/2020.4.
<https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1272156/retrieve>. [Accedido el 12 de Abril 2020]
 37. Bartlett RH, Ogino MT, Brodie D, McMullan DM, Lorusso R, MacLaren G, et al. Initial ELSO Guidance Document: ECMO for COVID-19 Patients with Severe Cardiopulmonary Failure. ASAIO J. 2020 Mar.

<https://journals.lww.com/asaiojournal/toc/9000/00000>. [Accedido el 12 de Abril 2020]

38. Maclaren G, Fisher D, Brodie D. Preparing for the most critically ill patients with COVID-19: the potential role of extracorporeal membrane oxygenation. *JAMA* 2020 Feb 19
39. Sociedad Chilena de Medicina Intensiva. Recomendaciones para el manejo de la insuficiencia respiratoria aguda en pacientes con neumonia por coronavirus V. 1.0. https://www.medicina-intensiva.cl/reco/RECOMENDACIONES_MANEJO_INSUFICIENCIA_RESPIRATORIA2020.pdf [Accedido el 13 de Abril 2020]
40. Augoustides JG. Extracorporeal Membrane Oxygenation – Crucial Considerations during the Coronavirus Crisis [published online ahead of print, 2020 Apr 7]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2020