

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

RODRIGO DÍAZ^{1,5}, MARTA VELIA ANTONINI^{2,5,a},
RODRIGO ORREGO³, DARRYL ABRAMS^{4,5}

With regard to COVID-19 contingency. ECMO in adults. Extracorporeal Membrane Oxygenation). To whom, how and when

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. The aim of this article is to review the current concepts of extracorporeal support, its indications, national and international experience, and its possible role in the SARS-Cov2 pandemic.

(Rev Med Chile 2020; 148: 349-361)

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

En 1971 JD Hill publicó el primer uso de un circuito extracorpóreo para uso prolongado, con sobrevida del paciente. Conectó a un sistema de oxigenación extracorpórea por membrana (ECMO por sus siglas en inglés) a un joven de 24 años con un distrés respiratorio secundario a politraumatismo¹. En 1972 Bartlett reportó el primer ECMO cardiaco en un niño post cirugía cardiaca, y en 1975 el primer caso neonatal¹. En 1979, el fracaso del primer estudio aleatorizado de ECMO del National Institutes of Health de EE.UU.² provocó una paralización del desarrollo ECMO para la asistencia en adultos, quedando su uso casi exclusivamente en el ambiente neonatal, hasta el año 2009, en que ocurrió la pandemia por Influenza H1N1 y fue publicado el estudio CESAR (*Conventional Ventilatory Support vs Extracorporeal Membrane Oxygenation for Severe Adult Respiratory Failure*)³, que fue aleatorizado y el primero que aportó

evidencia sólida sobre el uso y beneficios del uso de este sistema de oxigenación con las máquinas y conceptos actuales. Desde entonces el uso de ECMO ha aumentado en todas sus indicaciones: falla respiratoria, cardiaca o como asistencia en paro cardiorespiratorio.

El intercambio de gases transmembrana extracorpórea o ECMO utiliza una bomba y un oxigenador (intercambiador de gases) para proveer soporte hemodinámico y/o respiratorio prolongado. Dependiendo del tipo de paciente es el tipo de ECMO que se elige: veno venoso para la falla respiratoria y/o venoarterial cuando existe compromiso hemodinámico. El ECMO realiza intercambio de gases en la membrana del “oxigenador”, y el soporte hemodinámico lo hace en su configuración veno arterial drenando el lado derecho de la circulación y devolviendo en el lado sistémico ya sea en una arteria femoral, arteria axilar o directamente en la aorta (Figura 1).

¹Unidad de ECMO, Clínica Las Condes. Santiago, Chile.

²ICU Department, Parma University Hospital, Parma, Italia.

³Hospital Regional de Concepción. Concepción, Chile.

⁴Center for Acute Respiratory Failure, Columbia University Medical Center, New York, NY, EE. UU.

⁵Miembros “ELSO ECMOed Task Force”.

^aEnfermera perfusionista y de cuidados intensivos.

Recibido el 16 de abril de 2020, aceptado el 6 de mayo de 2020.

Correspondencia a:

Rodrigo Díaz Gómez
Estoril 450, Clínica Las Condes.
Santiago, Chile.
diazrodrigo@me.com

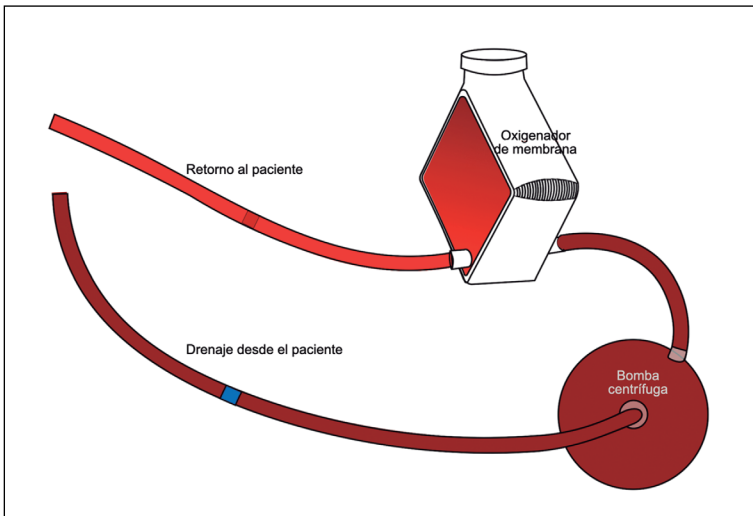


Figura 1. Sistema de ECMO convencional. Línea desde el paciente, bomba centrífuga, membrana de intercambio de gases y línea de retorno al paciente.

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 sus siglas en inglés), fuera del término ECMO (Figura 2). En este cuadro se describen las indicaciones actuales de los tipos de ECMO,

destacando que para las fallas respiratorias la elección es la canulación veno venosa (ECMO VV) y para la insuficiencia cardíaca aguda es la canulación veno arterial (ECMO VA).

Desde hace 3 décadas los resultados de esta técnica son consignados en la base de datos ELSO, que cuenta actualmente con más de cien mil regis-

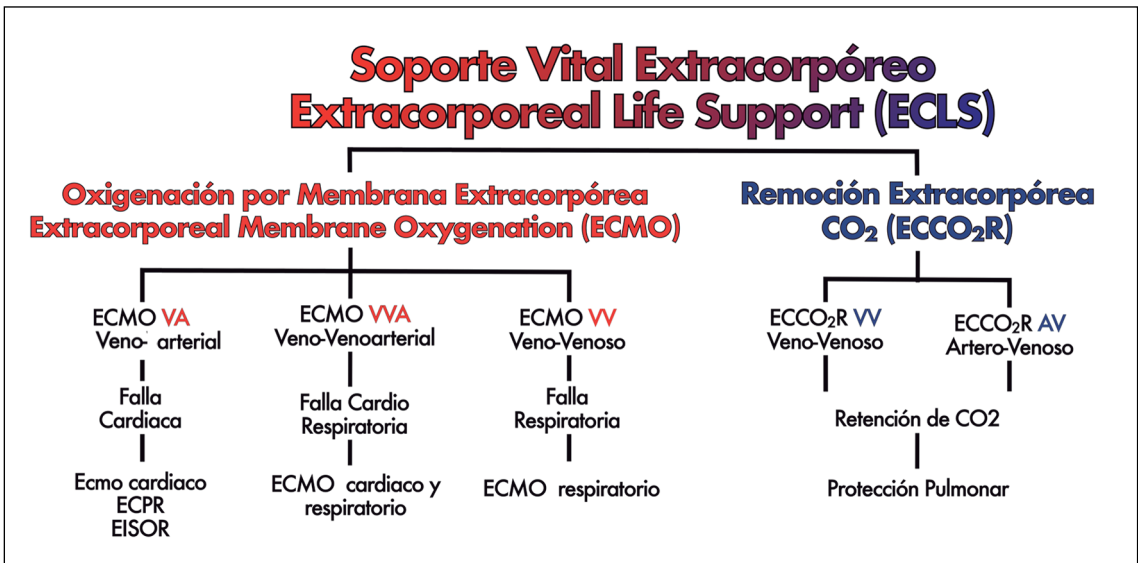


FIGURA 2. Relación sistema-modo de soporte e indicación de ECLS. VA: veno arterial; VVA: venovenovenarterial; VV: veno venoso; ECCO₂R: remoción CO₂ extracorpórea; AV: arterio venosa; ECPR: reanimación cardiopulmonar extracorpórea; EISOR: extracorporeal interval support for organ retrieval. Reprinted 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.*

tros de pacientes de todo el mundo. Seis centros en Chile aportan con casos activamente desde el 2009 y, en conjunto, Latinoamérica ha aportado aproximadamente 1% del total de registros a la fecha (Tabla 1) (Fuente Registro ELSO).

El objetivo de esta revisión, es describir los conceptos actuales del soporte extracorpóreo, sus indicaciones, experiencia nacional e internacional, y su posible rol en la pandemia por SARS-Cov2.

Indicaciones

I. Falla respiratoria catastrófica


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 soporte⁷, si bien los resultados son controversiales en su interpretación⁸, el consenso en general, es que la decisión es caso a caso⁹.

La indicación más frecuente de ECMO veno venoso (VV) es la falla respiratoria catastrófica¹⁰, la cual tiene varias definiciones (ejemplo: escala de

Murray > 3), que tienen como factor común, el fracaso a las medidas convencionales más avanzadas. La demora en la decisión de iniciar el soporte se asocia a una mayor mortalidad¹¹. Sin embargo, antes de indicarlo, es necesario cumplir con los siguientes pasos:

1. Identificar causa de la falla respiratoria.
2. Que el paciente esté en ventilación mecánica protectora con PEEP alto, pero manteniendo una presión diferencial < 15 cm H₂O^{12,13}.
3. Restricción de fluidos¹⁴.
4. Bloqueo neuromuscular¹⁵.
5. Prueba de posición prono (se sugiere 6 h post prono reevaluar mecánica pulmonar y relación PaFiO₂)^{16,17}.
6. Cumplido lo anterior, considerar ECMO, según los siguientes criterios:
 - a) Paciente hipoxémico con compliance severamente disminuida (Tabla 2).
 - b) Hipercapnea sostenida (grupo de mayor beneficio del ECMO en disminución de mortalidad según el estudio EOLIA)¹⁸.
 - c) Otras Indicaciones como fuga aérea masiva (> 50% del Volumen Corriente)¹⁹.
 - d) Contraindicaciones relativas. Criterio conservador extraído de estudio EOLIA²:





Tabla 1. Registro Internacional ELSO Enero 2020



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

Fuente: International Summary -Jan, 2020. Extracorporeal Life Support Organization 2800 Plymouth Road Building 300, Room 303 Ann Arbor, MI 48109.

Tabla 2. Criterios de Ingreso a ECMO en falla respiratoria catastrófica en SDRA

 ELSO	 CESAR TRIAL	 EOLIA TRIAL	 SOCHIMI***
<ol style="list-style-type: none"> 1. Relación PaO₂/FiO₂ < 100 y/o Murray score 3-4; IOE > 80*, APSS** 8 a pesar de tratamiento convencional óptimo por ≤ 6 h 2. Retención de CO₂ a pesar de Pplat (> 30 cm H₂O) 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) 	<p>Falla respiratoria potencialmente reversible Murray > 3.0</p> <p>pH < 7.20 a pesar de tratamiento convencional adecuado</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Relación PaO₂/FiO₂ < 50 con FiO₂ > 0.8 por > 3 h 2. Relación PaO₂/FiO₂ < 80 con FiO₂ > 0.8 por 6 h 3. pH < 7.25 por 6 h con FR 35/min y VM con Pplateau < 32 cm H₂O 	<p>Paciente con causa reversible con Murray > 2.5 y VM protectora (Vt 6 ml/kg ideal) con presión diferencial < 15 cm H₂O con PEEP optimizado.</p> <p>Insuficiencia respiratoria grave que no responde a:</p> <p>Prueba o ensayo con bloqueo neuromuscular en infusión continúa.</p> <p>Prueba o ensayo de VM en posición prono.</p> <p>a. PaO₂/FiO₂ < 100 persistente por 4-6 horas o PaO₂/FiO₂ < 60 por 2 horas.</p> <p>b. pH < 7.0 y PaCO₂ > 100 por 6 horas.</p>
<p>*IOE: Índice Oxigenación [(PaO₂/FiO₂) x Presión plateau] + edad (años)</p> <p>**APPS (age, PaO₂/FiO₂, and plateau pressure score)</p> <p>***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 PaO₂/FiO₂ > 80. Para pacientes que requieran un traslado que requiera avión para su transporte se sugiere emplear límite de PaO₂/FiO₂ de 80.</p>			

Índice oxigenación: $100 \times \text{FiO}_2 \times (\text{Presión plateau}/\text{PaO}_2)$. IOE (índice oxigenación + edad): IO + edad (años). APPS (age, PaO₂/FiO₂, and plateau pressure score).

- 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 de larga data, 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.

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, que deben tomarse en cuenta antes de indicar su uso²⁰. En la Tabla 3 se aprecian las sobrevividas observadas en distintas series.

Puntos clave: Usualmente conexión VV, criterio EOLIA es el más utilizado, pero se reconoce que la selección de los pacientes es caso a caso.

II. Otras aplicaciones respiratorias

1. Puente de pacientes a trasplante pulmonar (Bridge To Transplant, BTT por sus siglas en inglés) (Figura 3)^{20,21}.
2. Otras formas de hipoxemia refractaria o insuficiencia respiratoria hipercapnica^{20,22}.
3. Tumores, malformaciones o cuerpos extraños y otras emergencias de la vía aérea²³.

En el caso del BTT, la movilización y reacondicionamiento físico se ven facilitados por el ECMO, y son una variable muy importante en el éxito del trasplante²¹.

Puntos clave de ECMO *Bridge to Transplant* (BTT) y otras aplicaciones respiratorias:

1. Conexión a ECMO VV o ECMO VA.
2. El puente a trasplante ofrece la posibilidad de llevar el injerto a pacientes que se deterioran en su espera mientras están en lista de espera.

Tabla 3. Series de pacientes ECMO VV por falla respiratoria

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

CLC = Clínica Las Condes.

**Figura 3.** Paciente en puente a trasplante bipulmonar por hipertensión pulmonar post capilar (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 y creatinina elevados)²⁴. La mayor causa (aproximadamente 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%)^{25,26}.

Dado que la mortalidad está asociada a la gravedad de los trastornos hemodinámicos²⁷, 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 4).

En etapa refractaria, es decir cuando la hipotensión e hipoperfusión no responden al tratamiento médico (con o sin uso de balón de contrapulsación), el soporte circulatorio temporal (SCT) puede revertir esta situación, es así como distintas guías recomiendan uso de soporte extracorpóreo en este escenario²⁸⁻³⁰.

El ECLS veno-arterial proporciona soporte respiratorio y cardíaco, entregando el flujo sanguíneo sistémico necesario a órganos vitales de pacientes en shock, mientras se revertir la disfunción cardíaca, o como puente a otras alternativas. El ECMO podría estar asociado a mejores resultados en este contexto³¹ y se considera de “primera línea” ya que la canulación vascular es relativamente sencilla, proporciona flujos altos, y a un costo menor que otros dispositivos³⁰.

Una publicación reciente, que establece un enfoque estandarizado basado en equipos (*shock team*), ha mostrado una mejoría de los resultados del tratamiento del SC, aumentando significativamente la supervivencia a 30 días desde 47% a 76,6%³². 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 la sobrevida en el *shock* cardiogénico. Nunca olvidar que el ECMO en falla cardíaca es una excelente herramienta para mantener el flujo a los órganos terminales, pero es un soporte que puede aumentar severamente la postcarga del

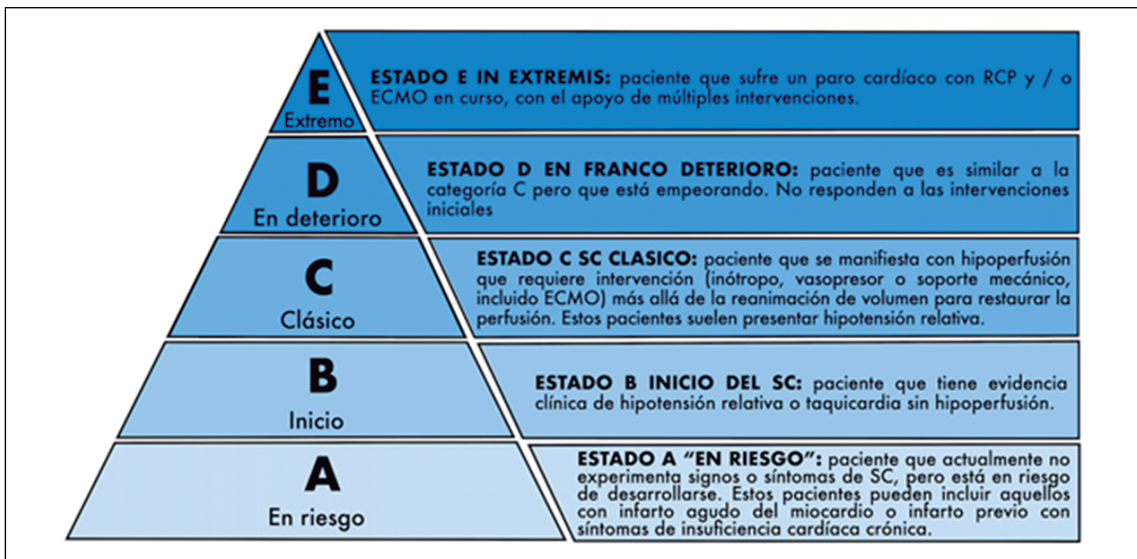


Figura 4. Clasificación del shock cardiogénico de la SCAI (Society for Cardiovascular Angiography and Intervention). RCP: Reanimación cardiopulmonar; ECMO: Oxigenación con membrana extracorpórea; SC: Shock Cardiogénico. Baran, David A., et al. SCAI clinical expert consensus statement on the classification of cardiogenic shock. *Catheterization and Cardiovascular Interventions* 2019; 94 (1): 29-37. Con permiso: John Wiley and Sons.

ventrículo izquierdo y comprometer su viabilidad, por lo que es un punto que hay que monitorizar periódicamente e intervenir precozmente de ser necesario³³.

Puntos clave: Conexión VA central o periférica. El umbral de indicación es el shock refractario antes de que el paciente presente daño irreversible en órganos terminales.

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.

Huang et al sugieren un corte de edad a los 60 años³⁷. Park y Cheng identifican en análisis mul-

tivariado, que el paro en shock séptico determina una mayor mortalidad (al punto que es una fuerte contraindicación para ECLS en este contexto)^{34,35}. 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 (Tabla 4).

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 70% (indicación es ECMO VV)³⁸.
1. 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 de 70%. Cuando el patrón hemodinámico es puramente de hipotensión dada por vasoplegia, el ECMO no tiene buen resultado en esa población³⁹, aunque la serie publicada por el grupo sueco en el 2019 muestra resultados aceptables incluso en esa población. Sin embargo hay que considerar que este grupo tiene una gran experiencia y equipos muy bien entrenados (pacientes conec-

Tabla 4. Series de ECMO en shock séptico

Serie de ECMO en Shock Séptico

Autor/año	Ciudad/Pais	ECMO configuración	n	Edad	Paro PRE ECMO	Foco Infección	Sobrevida al alta
Brecht (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%

tados en promedio antes de las 6 h a ECMO) por lo que sus resultados son difíciles de extrapolar al resto de los centros⁴⁰. En la Figura 5 se puede ver un algoritmo de decisión para usar como referencia en estos casos.

Puntos clave:

1. Conexión a ECMO VV o VA.
2. Si la indicación es sepsis y falla respiratoria catastrófica conexión recomendada es ECMO VV.
3. Si el paciente tiene *shock* revisar primero la función ventricular.

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 transcurrido entre el inicio del paro hasta el inicio del soporte vital básico (compresiones torácicas)^{41,42}, pero es también, en la práctica, una de las variables más difíciles de determinar en el momento de la decisión. El intervalo des-

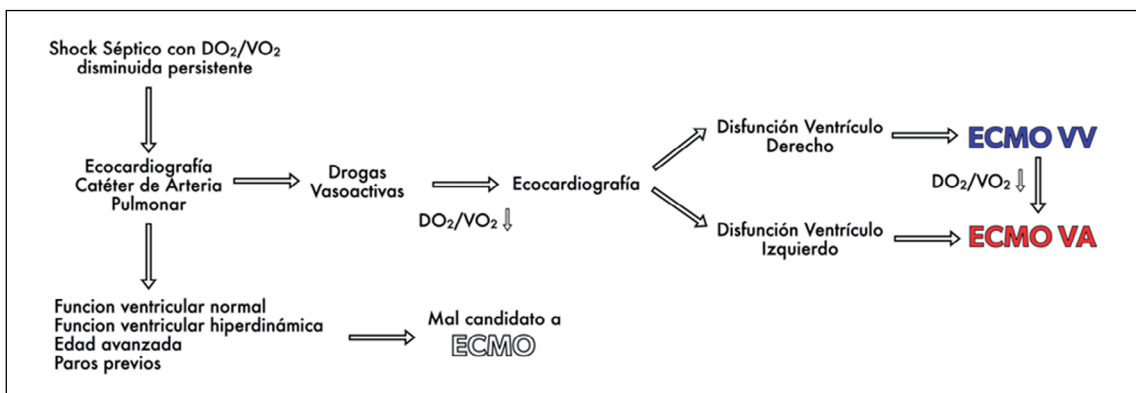


Figura 5. Algoritmo Propuesto ECMO en sepsis (protocolo Clínica Las Condes).

de el paro hasta el comienzo de la reanimación cardiopulmonar (RCP) se debe considerar como un período sin flujo, mientras que el tiempo de RCP es un período de bajo flujo, con circulación subóptima⁴³ (Figura 6).

La probabilidad de supervivencia con un buen resultado neurológico disminuye rápidamente con cada minuto de RCP convencional, reduciéndose a < 1% después de 16 min de esta. Es así que después de 16-21 min de reanimación avanzada, se puede plantear que el soporte vital extracorpóreo podría ofrecer una ventaja^{43,44} (Figura 7), con activación y preparación del equipo de ECPR en los primeros 10 min de RCP y canulación dentro de los 30-60 min posteriores al colapso.

La evidencia en ECPR que existe actualmente es escasa, heterogénea y con manejos no estandarizados, hay en curso estudios aleatorizados en Praga, París, Viena, Michigan y Países Bajos (Registros en <https://clinicaltrials.gov/>: NCT01511666, NCT02527031, NCT01605409, NCT03065647 y NCT03101787). En lo publicado hasta ahora existe una tendencia a que la sobrevida al alta con buen resultado neurológico aumenta al doble en paro extrahospitalario (OHCA) de adulto (a 20% aproximadamente)^{45,46}. Hay series publicadas de 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 posterior⁴⁷.

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, 30 días y al año que favorece el ECPR sobre la RCP convencional, con sobrevidas cercanas a 30-40%^{48,49}.

Puntos clave: Conexión VA (usualmente periférica).

1. La sobrevida sin ECMO en paros **refractarios** es extremadamente baja.
2. Las posibilidades de un buen resultado neurológico disminuyen dramáticamente con el aumento del tiempo de inicio del soporte vital básico, soporte vital avanzado o tiempo a la canulación⁵⁰.
3. La asistolia como ritmo inicial prácticamente no tiene sobrevida⁵¹.
4. Respete criterios de exclusión⁵².
5. Realizar un “tiempo fuera multidisciplinario” antes de canular, que son 30-60 segundos de una reunión entre el rescatista, líder de la reanimación, médico ECMO y cardiólogo para decidir si el paciente va a ECPR o no (pausa antes de la decisión).

En la Figura 8, se describen los pasos en un paro extrahospitalario.

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 adicionales⁵³. Esto se hace generalmente en hospitales

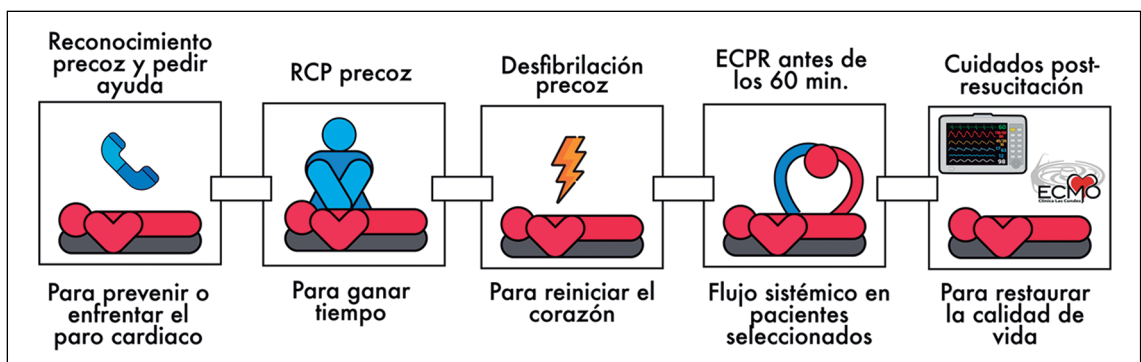


Figura 6. ECMO como un eslabón más en la cadena de supervivencia. RCP: reanimación cardiopulmonar. ECPR: reanimación cardiopulmonar extracorpórea. El resultado depende de las etapas previas, posteriores y una cuidadosa selección.

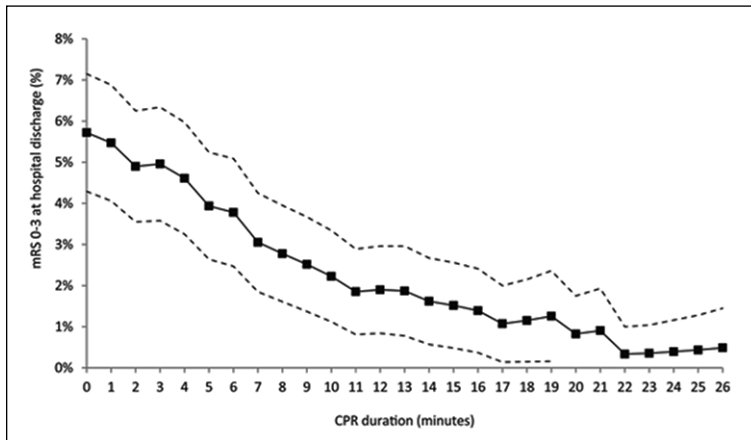


Figura 7. Posibilidad de supervivencia con resultado neurológico vs tiempo de reanimación. Líneas discontinuas: intervalo confianza 95%. CPR: cardiopulmonary resuscitation; mRS: modified Rankin scale (escala que evalúa resultado neurológico). Reynolds, Joshua C., et al. Duration of resuscitation efforts and functional outcome after out-of-hospital cardiac arrest: when should we change to novel therapies? *Circulation* 2013; 128 (23): 2488-94. Con permiso: Wolters Kluwer Health, Inc.

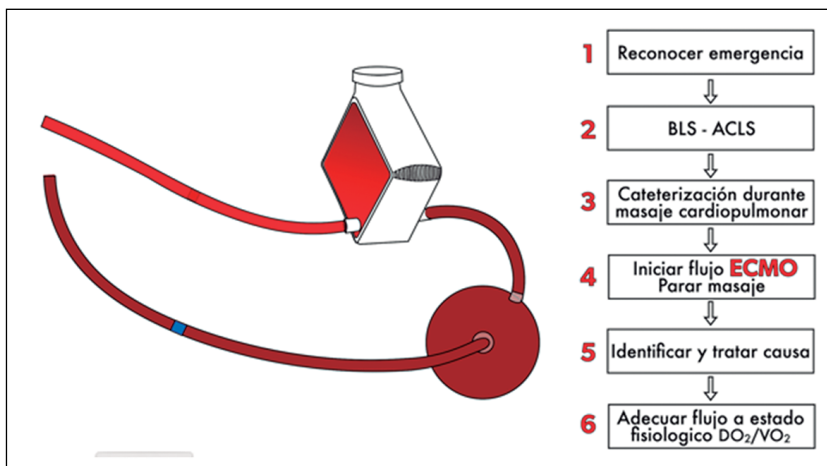


Figura 8. El ECMO como quinto eslabón en la cadena de supervivencia. Importante: pasos en la emergencia de paro cardíaco asociado a resuscitación cardiopulmonar extracorpórea.

regionales, que no pueden proporcionar soporte extracorpóreo, seguido del transporte del paciente al centro especializado en ECMO⁵⁴.

La movilización convencional de un paciente crítico inestable, puede ser peligrosa y mortal, por lo que realizar la canulación en el centro base permite que el traslado sea más seguro⁵⁵.

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 logística⁵⁵. 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 dispositivos biomédicos necesarios durante el transporte ECMO (Figura 9).

Puntos clave ECMO de Transporte:

1. Conexión a ECMO VV o VA.
2. Use protocolo y listas de chequeo.
3. Resultados similares a conexión en centro ECMO.

VII. ECMO en pacientes con falla respiratoria catastrófica por coronavirus

El ECMO ha sido recomendado por la Organización Mundial de la Salud en pacientes con hipoxemia refractaria, pero en centros experimentados⁵⁷. Las guías de ELSO enfatizan que el ECMO



Figura 9.

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, la indicación se ha ajustado a pacientes más bien “jóvenes”, sin falla multiorgánica y con menos de 7 -10 días de ventilación mecánica^{58,59}.

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) (considerar 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 pronóstico⁶⁰.

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 significati-

vamente el riesgo de mortalidad en la infección grave por coronavirus y, en consecuencia, pueden ser contraindicaciones para ECMO⁶¹.

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 la pandemia está en curso, disponible en: <https://www.elseo.org/Registry/FullCOVID19RegistryDashboard.aspx>

Puntos clave de ECMO en Falla Respiratoria catastrófica por Coronavirus:

1. Más de 90% son conexiones a ECMO VV.
2. Su uso dependerá de la situación de la pandemia versus recursos de cuidados intensivos.

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 reestablecer 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.

Referencias

- Díaz R, Fajardo C, Rufs J. Historia del ECMO (Oxigenación por membrana extracorpórea o soporte vital extracorpóreo). *Rev Med Clin Las Condes* 2017; 28 (5): 796-802.
- Zapol WM, Snider MT, Hill JD, Fallat RJ, Bartlett R, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in severe acute respiratory failure: a randomized prospective study. *JAMA* 1979; 242 (20): 2193-6.
- 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 multicenter randomized controlled trial. *Lancet* 2009; 374 (9698): 1351-63.
- Conrad SA, Broman LM, Taccone FS, Lorusso R, Malfertheiner 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): 447-51.
- 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): 36-43.
- 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.
- 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): 1965-75.
- Hardin C, Hibbert K. ECMO for Severe ARDS. *N Engl J Med* 2018; 378 (21): 2032-24.
- Munshi L, Walkey A, Goligher E, Pham T, Uleryk EM, Fan E. Venovenous extracorporeal membrane oxygenation for acute respiratory distress syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Respir Med* 2019; 7 (2): 163-72.
- 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; 7 (2): 108-10.
- Patroniti N, Zangrillo A, Pappalardo F, Peris A, Cianchi G, Braschi A, et al. The Italian ECMO network experience during the 2009 influenza A (H1N1) pandemic: preparation for severe respiratory emergency outbreaks. *Intensive Care Med* 2011; 37 (9): 1447-57.
- Schmidt M, Stewart C, Bailey M, Nieszkowska A, Murphy L, Pilcher D, et al. Mechanical ventilation management during extracorporeal membrane oxygenation for acute respiratory distress syndrome: a retrospective international multicenter study. *Crit Care Med* 2015; 43 (3): 654-64.
- Amato MB, Meade MO, Slutsky AS, Brochard L, et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 2015; 372 (8): 747-55.
- Wiedemann HP, Wheeler AP, Bernard GR, Thompson BT, Hayden D, deBoisblanc B, et al; National Heart L, Blood Institute Acute Respiratory Distress Syndrome Clinical Trials N. Comparison of two fluid-management strategies in acute lung injury. *N Engl J Med* 2006; 354: 2564-75.
- 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.
- 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.
- Schmidt M, Bailey M, Sheldrake J, Hodgson C, Aubron C, Rycus P, et al. Predicting survival after extracorporeal membrane oxygenation for severe acute respiratory failure. The Respiratory Extracorporeal Membrane Oxygenation Survival Prediction (RESP) score. *Am J Respir Crit Care Med* 2014; 189 (11): 1374-82.
- 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.
- ELSO Adult Cardiac Failure Supplement to the ELSO General Guidelines. Version 1.3. December 2013. Extracorporeal Life Support Organization. Disponible en: <https://www.else.org/Resources/Guidelines.aspx>. [Consultado el 1 de marzo de 2020].
- Agerstrand CL, Bacchetta MD, Brodie D. ECMO for adult respiratory failure: current use and evolving applications. *ASAIO J* 2014; 60 (3): 255-62.
- 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): 1456-63.
22. Abrams D, Brodie D. Extracorporeal membrane oxygenation for adult respiratory failure: 2017 update. *Chest* 2017; 152 (3): 639-49.
 23. Sellers D, Lam K, McRae K. Intraoperative Extracorporeal Life Support for Thoracic and Airway Surgery. In: Slinger P. (eds) *Principles and Practice of Anesthesia for Thoracic Surgery*. 2019. Springer, Cham.
 24. 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.
 25. 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.
 26. 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.
 27. 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.
 28. Rossel V, Díaz R, Merello L, Aranguiz-Santander E, Stockins A, Olivares G. Recomendaciones de manejo de pacientes con asistencia circulatoria mecánica de corta duración. *Rev Med Chile* 2018; 146 (1): 96-106.
 29. 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.
 30. 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.
 31. 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.
 32. 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): 1659-69.
 33. Cevasco M, Takayama H, Ando M, Garan AR, Naka Y, Takeda K. Left ventricular distension and venting strategies for patients on venoarterial extracorporeal membrane oxygenation. *Journal of thoracic disease* 2019; 11 (4): 1676-83.
 34. 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.
 35. 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.
 36. Ro SK, Kim WK, Lim JY, Yoo JS, Hong SB, Kim JB. Extracorporeal life support for adults with refractory septic shock. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2018; 156 (3): 1104-9.
 37. Huang CT, Tsai YJ, Tsai PR, Ko WJ. Extracorporeal membrane oxygenation resuscitation in adult patients with refractory septic shock. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2013; 146 (5): 1041-6
 38. Takauji S, Hayakawa M, Ono K, Makise H. Respiratory extracorporeal membrane oxygenation for severe sepsis and septic shock in adults: a propensity score analysis in a multicenter retrospective observational study. *Acute Med Surg* 2017; 4 (4): 408-17.
 39. Schmidt M, Bréchet N, Combes A. Ten situations in which ECMO is unlikely to be successful. *Intensive Care Med* 2016; 42 (5): 750-2.
 40. Falk L, Hultman J, Broman LM. Extracorporeal membrane oxygenation for septic shock. *Crit Care Med* 2019; 47 (8): 1097-105.
 41. Kurosaki H, Ohta K, Wato Y, Yamashita A, Inaba H. Assessing the efficacy of the new protocol for chest compressions before definitive cardiac arrest in emergency medical service-witnessed adult out-of-hospital cardiac arrests. *Resuscitation* 2018; 130: 92-8.
 42. Tanguay-Rioux X, Grunau B, Neumar R, Tallon J, Boone R, Christenson J. Is initial rhythm in OHCA a predictor of preceding no flow time? Implications for

- bystander response and ECPR candidacy evaluation. *Resuscitation* 2018; 128: 88-92.
43. 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.
 44. 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.
 45. Ortega-Deballon I, Hornby L, Shemie SD, Bhanji F, Guadagno E. Extracorporeal resuscitation for refractory out-of-hospital cardiac arrest in adults: a systematic review of international practices and outcomes. *Resuscitation* 2016; 101: 12-20.
 46. Sakamoto T, Morimura N, Nagao K, Asai Y, Yokota H, Nara S, et al; Group S-JS. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with out-of-hospital cardiac arrest: a prospective observational study. *Resuscitation* 2014; 85: 762-8.
 47. 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
 48. 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
 49. 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): 1922-34.
 50. Fagnoul, D., Combes, A., & De Backer, D. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation. *Current opinion in critical care* 2014, 20(3), 259-265.
 51. Dennis M, McCanny P, D'Souza M, Forrest P, Burns B, Lowe DA, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for refractory cardiac arrest: a multicentre experience. *Int J Cardiol* 2017; 231: 131-6.
 52. Herrada L, Santelices JL, Orrego R, Díaz R. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation: case report on an out-of-hospital cardiopulmonary arrest. *Rev Med Chile* 2018; 146 (2): 260-265.
 53. 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): 327-34.
 54. 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.
 55. Grupo de trabajo ECMO de la Sociedad Chilena de Medicina Intensiva. Protocolo operativo para ECMO veno-venoso en falla respiratoria grave. *Rev Chil Med Inten* 2015; 30: 75-8.
 56. 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.
 57. 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 de 2020].
 58. 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 de 2020].
 59. 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.
 60. Sociedad Chilena de Medicina Intensiva. Recomendaciones para el manejo de la insuficiencia respiratoria aguda en pacientes con neumonía por coronavirus V. 1.0. https://www.medicina-intensiva.cl/reco/RECOMENDACIONES_MANEJO_INSUFICIENCIA_RESPIRATORIA2020.pdf [Accedido el 13 de abril de 2020].
 61. Augoustides JG. Extracorporeal Membrane Oxygenation - Crucial Considerations during the Coronavirus Crisis [published online ahead of print, 2020 Apr 7]. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2020.