

# ECMO Y ECMO MOBILE. SOPORTE CARDIO RESPIRATORIO AVANZADO

## ECMO AND ECMO MOBILE. MECHANICAL CARDIOPULMONARY SUPPORT

DR. RODRIGO DÍAZ G. (1).

1. DEPARTAMENTO DE ANESTESIOLOGÍA. CLÍNICA LAS CONDES.  
PROFESOR ASISTENTE UNIVERSIDAD DE CHILE.

Email: rdiaz@clc.cl

### RESUMEN

ECMO (Extracorporeal Membrane Oxygenation) es un sistema de soporte vital extracorpóreo en falla pulmonar catastrófica, insuficiencia cardíaca aguda y reanimación de uso cada vez más común. En Chile se ha implementado en distintos centros, con resultados comparables al registro internacional. Cuando el candidato a ser sometido está demasiado inestable como para ser transportado a un hospital que cuente con ECMO, la canulación antes del traslado permite la estabilización y posterior transporte al centro de ECMO. Los resultados en los pacientes transportados son similares a los casos generados en el mismo lugar. En el siguiente artículo revisaremos las definiciones en soporte extracorpóreo, indicaciones y contraindicaciones, los resultados esperables y las experiencias internacionales y propia de Clínica Las Condes en ECMO y ECMO Mobile.

Palabras clave: ECMO, transporte, Chile.

### SUMMARY

ECMO (extracorporeal membrane oxygenation) is an increasingly common system of extracorporeal life support in catastrophic pulmonary failure, acute heart failure and resuscitation. Chile has implemented this technology in different hospitals, with results comparable to international registry. When the candidate to be submitted is too unstable to be transported to a hospital with ECMO, cannulation in site, allows the stabilization and transfer to a facility that runs a program for extracorporeal oxygenation with similar

results if generated in the same place. The following article reviews the definitions in extracorporeal support, indications and contraindications, expected results and international experiences and own statistics in Clínica Las Condes in ECMO and ECMO Mobile.

Key words: ECMO, Transportation, Chile.

### INTRODUCCIÓN

El uso de tecnologías extracorpóreas en el soporte cardiopulmonar se ha extendido en los últimos 20 años. Existen distintas máquinas y esquemas, siendo el ECMO (Extracorporeal Membrane Oxygenation) u oxigenación por membrana extracorpórea, la forma más utilizada, debido a: Su impacto en la sobrevida, disponibilidad de la técnica, mejoría en los insumos, y equipos más pequeños y amigables que lo han ido haciendo menos complejo (1-9).

El objetivo del presente artículo es describir las indicaciones de soporte en ECMO y mostrar la experiencia con el uso de ECMO Mobile (instalado en el hospital de origen y posterior traslado al centro de ECMO).

### DEFINICIÓN

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 (9, 10).

La tabla 1 muestra los tipos de soportes extracorpóreos cardiopulmonares (10-12) (Figura 1 y 2) (Tabla 1).

Dejando fuera los soportes ventriculares, la indicación del ECMO e iLA (Invasive Lung Assistance) (o Novalung) es el sostén hemodinámico y/o respiratorio. Si observamos (Figura 3) los círculos desde izquierda a derecha se van agregando las siguientes funciones:

- Extracción de CO<sub>2</sub>
- Oxigenación
- Soporte Hemodinámico



Figura 1. ECMO Veno Venoso: Rx de tórax que muestra cánula de retorno desde el ECMO hacia el paciente en aurícula derecha y la cánula de salida hacia el circuito se ve a nivel del diafragma y sale por vena femoral. Paciente con Influenza por AH1N1.

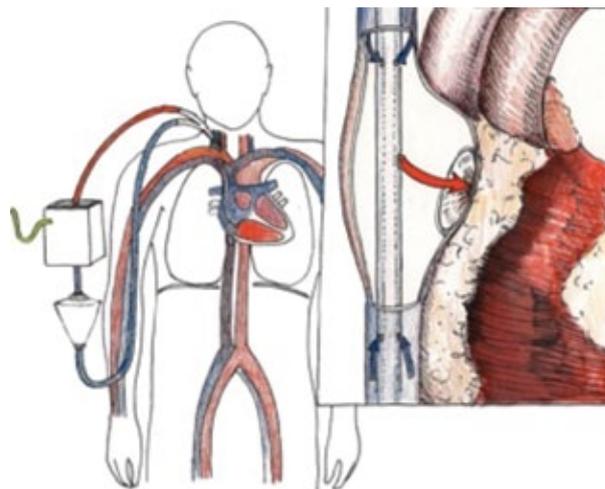


Figura 2. ECMO Veno Venoso la salida y retorno se hace por la vena yugular derecha, en el dibujo del detalle se observa la llegada de sangre oxigenada a la aurícula derecha y la extracción desde la vena cava inferior y superior.

Así como aumenta el soporte aumentará también su complejidad (Tabla 2):

El ECMO entrega 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 (Figura 4) ya sea en una arteria femoral, arteria axilar o directamente en la aorta.

**INDICACIONES**

Pacientes en falla pulmonar o cardiaca catastrófica que con soporte

**TABLA 1. SOPORTE VITAL EXTRACORPÓREO**

TÉCNICA	DENOMINACIÓN GENÉRICA	USOS	EJEMPLOS (EXISTENTES EN CHILE)	TIPO DE MEMBRANA (EXISTENTES EN CHILE)
Circulación extra-corpórea (CEC)		Utilizado en cirugía cardiaca		Polipropileno microporoso
Extracción Arterio Venosa de CO <sub>2</sub>	iLA (asistencia respiratoria invasiva)	Destinado a barrer CO <sub>2</sub>	Novalung (iLA)	Polimetilpentene
ECMO VV	ECCOR	ECMO VV destinado a barrer CO <sub>2</sub>	Quadrox D Medtronic ECMO Medos LT	Silicona o polimetilpentene
	ECMO	Soporte respiratorio		
ECMO VA	ECMO	Soporte hemodinámico y/o respiratorio	Bomba Centrifuga (rotaflow, biomedicus, levitronix)	
Asistencia Ventricular		Soporte hemodinámico ventricular izquierdo, derecho o biventricular	Bomba Neumática Extra-corpórea (Abiomed, BVS 5000 y AB 5000)	No aplica

\*\* : ECCOR es "extracción de CO<sub>2</sub> extracorpórea". Se refiere al uso de un ECMO VV con un flujo de sangre de 20 a 30% del GC del paciente (10, 13-14).

**TABLA 2. PRINCIPALES DIFERENCIAS EN LOS SOPORTES VITALES EXTRACORPÓREOS**

	CEC	ECMO VA	ECMO VV	ART-VENOSO (iLA)
Flujo extracorpóreo (% GC)	100%	30-80%	30-90%	20-30%
Efecto cardíaco	Soporte total	Soporte parcial	Sin soporte	Extracarga
Duración habitual	< 6 horas	< 21 días	< 21 días	< 30 días
TCA	> 400	150-250	150-250	150
% O <sub>2</sub> aportado por membrana	100%	20-90%	20-90%	20%
% CO <sub>2</sub> extraído por membrana	100%	20-90%	20-90%	50%
Canulación de retorno más habituales	AO, fem, axilar	fem, axilar Central	YID o fem	fem

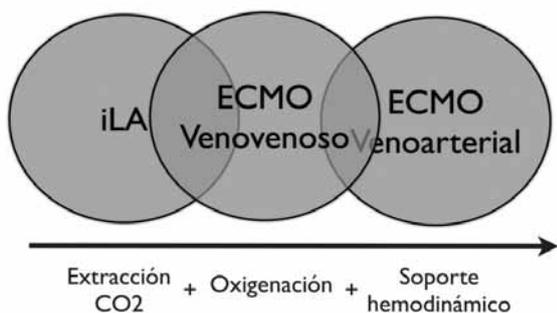


Figura 3. Grado de soporte.

convencional tienen una sobrevida estimada <20% (15). Sus indicaciones pueden ser divididas en falla cardíaca y falla respiratoria o mixtas como es el Síndrome Cardiopulmonar por Hanta virus (16).

Es importante tener en cuenta la recuperabilidad del enfermo para no realizar maniobras fútiles (que desgraciadamente no es una frontera siempre clara) (15), aunque el instalar un ECMO puede ser visto también como un puente para la toma de decisiones y así observar la condición del paciente y sus probabilidades de sobrevivir en un periodo de 24 a 48 horas (17) y evitar con el soporte que exista un mayor daño de órganos mientras se reevalúa.

La posibilidad de sobrevida dependerá de la co-morbilidad pre existente, la reversibilidad de la patología aguda y la capacidad de reparación de los

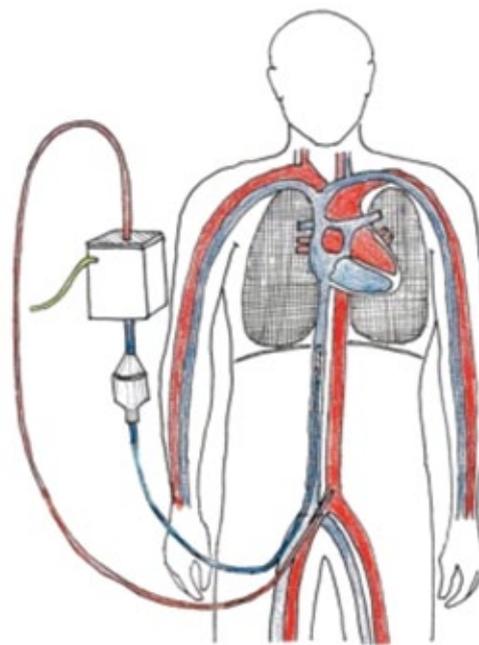


Figura 4. ECMO Venoa Arterial: dibujo con configuración habitual que muestra drenaje por vía femoral y reinfusión por vía arterial femoral.

daños mientras dure el soporte cardiopulmonar. Es necesario balancear la relación riesgo v/s beneficio al indicar y tomar la decisión de poner al paciente en soporte, es imprudente indicarlo si no es del todo necesario, pero también aumenta la posibilidad de daño de órganos irreversible por hipoxia tisular si se demora la toma de la decisión de iniciarlo (15).

### FALLA RESPIRATORIA

Las indicaciones de ECMO en falla respiratoria incluye: síndrome de distrés respiratorio, falla respiratoria neonatal (aspiración meconial, hipertensión pulmonar persistente, hernia diafrágica), síndrome de reperfusión post trasplante pulmonar, crisis bronquial obstructiva severa intratable y trauma. Hasta ahora el mayor número de casos y las mejores tasas de sobrevivencia se han comunicado en recién nacidos con falla respiratoria.

Independiente de la causa, el ECMO otorga un soporte inmediato de oxigenación y eliminación del  $\text{CO}_2$  otorga un soporte inmediato de oxígeno en pacientes severamente hipoxémicos y/o acidóticos, con una disminución instantánea en las necesidades de presiones y  $\text{FiO}_2$  en el ventilador (18). Durante el tiempo de soporte el pulmón se ventila en "protocolo de reposo" que tiene distintas variantes pero que básicamente utiliza presiones pico menores a 30 cm  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FiO}_2 < 50\%$  y FR bajas (6 x minuto en adultos). El soporte extracorpóreo con novalung o ECMO facilita o permite una ventilación mucho menos agresiva, evitando el daño secundario al volumen y baro trauma.

Se puede o no paralizar al paciente, pero la mayoría de los centros lo mantienen lo más despierto posible para poder controlar el estado neurológico de este.

Con respecto a los resultados la mayoría de los trabajos son estudios de casos, no controlados y con poblaciones muy heterogéneas (19-25), existen 2 trabajos randomizados en adultos que en 1979 y 1994 estancaron el desarrollo del ECMO respiratorio adulto pues no observaron diferencias de mortalidad entre los grupos (3, 27) pero sin aplicar el concepto de ventilación de reposo, que en cierto sentido es lo que también ha disminuido la mortalidad en los pacientes con SDRA tratados con VM con volúmenes corrientes más bajos (28).

En neonatología su uso está bien establecido (29, 30), con buenos resultados, pero su uso ha disminuido desde hace 15 años por el impacto positivo que tuvo en esta población de pacientes el uso del iNO y la ventilación de alta frecuencia (31, 32).

El estudio CESAR (Conventional Ventilatory Support Versus Extracorporeal Membrane Oxygenation for Severe Adult Respiratory Failure) (7) es un trabajo inglés multicéntrico, prospectivo randomizado en adultos con enfermedad pulmonar severa reversible definida por un Score de Murray  $\geq 3$  o una acidosis respiratoria con  $\text{pH} \leq 7$ . Los criterios de exclusión fueron: presiones de ventilación pico  $>30$  cm  $\text{H}_2\text{O}$  o  $\text{FiO}_2 >80\%$  por más de 7 días, sangrado intracraneano, o alguna contraindicación a heparinización o a tratamiento médico agresivo. La variable independiente: muerte o incapacidad severa a 6 meses de la randomización o antes del alta. El trabajo se planificó inicialmente para 300 pacientes (9) aleatoriamente asignados a recibir tratamiento convencional (manejado en su hospital de referencia a discreción, con recomendación de volúmenes corrientes bajos) o transporte a un único centro ECMO (Leicester) para seguir un protocolo de manejo y ECMO en caso necesario. El estudio fue detenido por la "Data Safety Monitoring Board" después del análisis de 180 pacientes. De los 90 pacientes tratados en forma convencional 41 sobrevivieron, de los 90 en grupo ECMO 5 murieron antes o durante el transporte al centro ECMO (transporte convencional, no se hizo ECMO Mobile), 17 mejoraron sin apoyo extracorpóreo y 68 requirieron ECMO. El resultado final a 6 meses: 63% (57/90) en el grupo ECMO comparado a 47% (41/90) en el convencional (RR:0.69; 95% CI, 0.05– 0.97;  $p= 03$ ).

La experiencia inicial en Australia/ Nueva Zelanda en Influenza AH1N1 fue de 61 pacientes en ECMO por hipoxemia refractaria, con una sobrevivencia del 71% (24).

### ALGUNAS PUBLICACIONES DE ECMO EN SDRA ADULTO

ARTÍCULO	AÑO	Nº PACIENTES	SOBREVIDA (%)
Zapol (3)	1979	42	10%
Gatinoni (4)	1986	43	49%
Peek (6)	1997	50	66%
Lewandowski (21)	1997	49	55%
Mols (26)	2000	62	55%
Linden (22)	2000	15	76%
Hemmila et al (23)	2004	252	52%
Brogan (25)	2009	1473	50%
CESAR (7)	2009	180	63%
ANZ ECMO (24)	2009	68	71%

En la siguiente tabla se resumen las principales variables que utilizamos para indicar el Soporte extracorpóreo en falla respiratoria del adulto. Necesariamente debe primero pasar por manejar y optimizar los parámetros de ventilación mecánica. En más de una ocasión pacientes derivados a nuestro centro para manejo con ECMO han sido manejados de manera convencional al optimizar la ventilación mecánica.

INDICACIONES	CONTRAINDICACIONES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Score Murray <math>\geq 3</math></li> <li>• Hipercapnea con pH <math>&lt; 7,2</math></li> <li>• PaFi <math>&lt; 50 - 100</math> mm Hg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enfermedad no reversible</li> <li>• <math>&gt; 65</math> años</li> <li>• Enfermedad terminal</li> <li>• Daño Sist Nervioso Central</li> <li>• VM <math>&gt; 10</math> días</li> <li>• Rechazo familia</li> <li>• Relativa: imposibilidad de anticoagular</li> </ul>

SCORE MURRAY (34).				
PARÁMETRO	1	2	3	4
PaO <sub>2</sub> /FIO <sub>2</sub>	299-225	224-175	174-100	$< 100$
Rx Tx (cuadrantes)	1	2	3	4
PEEP	6-8	9-11	12-15	$\geq 15$
Compliance (ml/cmH <sub>2</sub> O)	79-60	59-40	39-20	$< 20$

### FALLA CARDIACA

En falla cardiaca su uso reporta en el registro internacional una sobrevivida de: 39% (en neonatos y adultos) y 48%,(en pediátricos) (32). Esto en pacientes que sin el soporte tienen una mortalidad cercana al 100%, pero no existen, ni se ve posible que existan trabajos controlados que comparen esta conducta con un enfrentamiento más conservador, aunque sabemos que el uso de 3 o más drogas vasoactivas en dosis alta post falla cardiaca aguda son un marcador de muy mal pronóstico, lo mismo presiones de llenado altas con índices cardiacos bajos, lo que justificaría un enfrentamiento precoz con soporte mecánico (35, 36), donde el ECMO entra como puente a toma de decisiones, permitiendo dejar en reposo el corazón y disminuir el daño de órganos. Las indicaciones cardiacas más comunes son falla de salida de circulación extracorpórea o síndrome post cardiectomía, le sigue la falla cardiaca aguda post IAM, miocarditis, y cardiomiopatías descompensadas, como puente a asistencias ventriculares o a trasplante y en resucitación cardiopulmonar (ECPR) (37-51).

Aunque no existe un análisis controlado del uso del ECMO en shock cardiogénico, la sobrevivida pareciera ser mejor cuando se realiza precozmente (antes de 2 hrs. en shock post cardiectomía o  $< 12$  hrs. en shock cardiogénico post IAM) en una falla reversible.

El Registro de casos de la ELSO (Extracorporeal Life Support Organization) que data desde 1986 y que hasta diciembre de 2010 contaba con 132 centros en el mundo y 44824 en la base de datos. En Latino Amé

**TABLA 3. REGISTRO INTERNACIONAL ELSO ENERO 2011 (32)**

	TOTAL (N)	SOBREVIVEN ECMO (%)	DE ALTA O TRASLADADOS (%)
<b>NEONATAL</b>			
Respiratoria	24344	20608 (85%)	18276 (75%)
Cardiaca	4232	2566 (61%)	1663 (39%)
ECPR	640	403 (63%)	245 (38%)
<b>PEDIÁTRICA</b>			
Respiratoria	4771	3094 (65%)	2656 (56%)
Cardiaca	5221	3322 (64%)	2502 (48%)
ECPR	1220	646 (53%)	479 (39%)
<b>ADULTO</b>			
Respiratoria	2340	1474 (63%)	1261 (54%)
Cardiaca	1540	812 (53%)	598 (39%)
<b>516</b>	381	201 (39%)	153 (30%)
<b>TOTAL</b>	44824	33126 (74%)	27833 (62%)

ECPR: Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation. Son los casos asociados a maniobras de resucitación. Un paciente en paro al momento de la canulación, pero cuya indicación inicial es pulmonar o hemodinámica se considera respiratorio o cardiaco respectivamente.

TABLA 2.

Autor	Año publicación	Lugar	Tipo de pacto	Edades	Número	Complicaciones en el transporte	Sobrevida
Roissant (62)	1997	Virchow Klinikum Berlin (Alemania)	Respiratorio	8 a 51	8	1/8 (quiebre del oxigenador)	75%
Mc Bride (64)	2000	Saint Louis University Health Sciences Center (EEUU)	Cardiaco	9 a 60	16	2/16	56%
Linden (65)	2001	Karolinska Estocolmo (Suecia)	Cardiaco Respiratorio Neonatal	15 neo 7 ped 7 adultos	29	"graves": no.	72%
Foley (58)	2002	University of Michigan Medical Center (EEUU)	Respiratorio Cardiaco Neonatal	68 adultos 30 ped 2 neo	100	10 falla eléctrica 1 rotura circuito 1 trombosis oxigenador 3 filtraciones circuito	66%
Bulpa (56)	2002	Mont-Godinne University Hospital Lovaina (Belgica)	Cardiaco Respiratorio	3 a 54 años	6	Pérdida de energía (1)	66%
Coppola (66)	2007	Wilford Hall Medical Center, San Antonio, TX. (EEUU)	Cardiaco Respiratorio Neonatal	49 neo 19 ped	68	2 fallas oxigenador 2 fallas en electricidad 1 rotura circuito	65%
Wagner (57)	2008	Rikshospitalet University Hospital Oslo, (Noruega)	Respiratorio Cardiaco Neonatal	0 a 55.9 años 8 neo 4 ped 11 adultos	23	"graves": no.	67%
Haneya (61)	2009	University Hospital Regensburg (Alemania)	Cardiacos Respiratorios	40,7 años (adultos)	38 18 ECMO 20 Novalung	2 (1 falla oxígeno 1 acodamiento de cánula)	47% global 50% ECMO
Di Fuller (67)	2010	Auckland City Hosp y Starship Children's Hosp (Nueva Zelanda)	Respiratorios Anafilaxia (1)	3 ped 17 adultos	20	Baterías (1) Falla O <sub>2</sub> (1)	58% ECMO
Clement (59)	2010	Arkansas Childrens Little Rock, Arkansas (EEUU)	Cardiaco Respiratorio neonatal	1 día a 69 años	104	"graves": no.	58,6%
Gariboldi (68)	2010	Hôpital de la Timone. Marsella (Francia)	Cardiaco Respiratorio	14 a 60 años	38	0	55%
Forrest (69)	2010	Multicéntrico Australia	Respiratorio Cardiaco	15 a 55 años	40	Hipotermia (6) Falla energía (4) Aire en circuito (2)	85%
Haneya (63)	2011	Regensburg (Alemania)	Puente a trasplante pulmón	24 a 53	3 Novalung 7 ECMO	0	70%

rica hay 3 centros registrados: uno en Colombia, el exitoso programa neonatal del Hospital Clínico de la Universidad Católica y el Programa ECMO de Clínica Las Condes que hasta ahora ha concentrado principalmente su experiencia en adultos.

### COMPLICACIONES

Son frecuentes y ponen en riesgo la vida del enfermo, por lo que una vigilancia estrecha, protocolizada y con alto índice de sospecha debe estar siempre presente. El perfil de problemas para la población adulta y pediátrica son similares. Debido a la interacción de la sangre-superficie se pueden formar coágulos en el circuito y embolizar con consecuencias potencialmente devastadoras. La infusión sistémica de la heparina no fraccionada y el uso de circuitos especiales ayudan a reducir la formación de trombos, pero aumenta el riesgo de sangrado. El delicado equilibrio entre la hemostasia y la trombosis requiere de frecuente supervisión clínica y de laboratorio, con reemplazo de factores de coagulación, fibrinógeno, plaquetas, y de antitrombina III.

**Sangrado:** es frecuente y puede ser importante en cantidad. Se asocia a la anticoagulación utilizada, disfunción plaquetaria y trombocitopenia. En adultos: sangrado de sitio quirúrgico (22,2%), del sitio de canulación (12,2%), hemorragia digestiva (4,1%) e intracraneano (2,6%) son los más frecuentes (52, 53).

**Falla mecánicas:** la más común es la falla del oxigenador (18%), problemas con las cánulas (10,8%) y trombos (9,5%).

**Infecciones:** un 21,2% de los pacientes se sobreinfectan, las infecciones del sitio de canulación o del circuito son excepcionales.

**HIT** (trombocitopenia inducida por heparina): complicación cada vez más frecuente. De la serie de 45 pacientes uno hizo esta complicación.

### ECMO MOBILE

Boedy et al, en 1990, fue el primero en describir la idea que existía una mortalidad "escondida" asociada con la referencia a un centro ECMO. Encontraron que 12 % de 158 recién nacidos referidos a sus centros para ECMO murieron antes, durante o pronto luego de ser transportados al hospital (54). La Universidad de Michigan reportó que un 10% de sus traslados no neonatales entre 1988 y 1990 o murieron durante el transporte convencional o se les negó la posibilidad por inestabilidad cardiorrespiratoria (55).

En los pacientes que tienen indicación de soporte extracorpóreo, pero que se encuentran extremadamente inestables en su centro de referencia o cuyo transporte es inviable por la gravedad del paciente, el "ECMO Mobile" o soporte de ECMO durante el transporte es una forma de enfrentar el problema que en distintas series y experiencias soluciona graves problemas de inestabilidad del enfermo.

La Tabla 4 resume las experiencias publicadas, donde destaca que no hubo en ninguna una muerte atribuible al traslado, y en todas ellas los resultados son similares a los obtenidos a los casos generados dentro del centro ECMO (56 - 69).

Desde el año 2003 hasta febrero 2011, en las unidades de pacientes críticos de CLC se han realizado 44 casos ECMO. 41 adultos y 4 pediátricos. Con una sobrevida global del 64%. En el caso de indicación cardíaca: 35,7% y respiratorios: 68%. ECPR (n=2): 0%. De estos pacientes tuvieron paro pre ECMO 15/44 (39%).

El nacimiento del programa ECMO mobile en Clínica Las Condes es producto de la generación de enfermos no trasladables por su gravedad y que requieren soporte extracorpóreo en un centro que tenga el soporte de equipo y educación del personal necesarios para que la técnica tenga el mayor impacto posible en el resultado de estos pacientes. Hasta la fecha se han realizado 11 transportes en ECMO, 9 en ambulancia y 2 en avión.

Las características demográficas son las siguientes:

Edad: 31,9 +/- 17,2 (16-67)

PCR preECMO: 6/11

Ingreso a ECMO:

- Causa cardíaca 4 (sobrevive 1)
- Causa respiratoria 7 (sobreviven 6)

**TABLA 5. PACIENTES EN ECMO MOBILE. CLÍNICA LAS CONDES (2006-2011)**

EDAD	ETIOLOGÍA	DÍAS ECMO	SOBREVIDA	ORIGEN
24	Insuf cardíaca aguda	7	No	Santiago
21	Status asmático	2	Sí	Viña
19	Sepsis abdominal/ SDRA	19	Sí	Santiago
38	Influenza AH1N1	15	Sí	Santiago
46	IAM VI	14	No	Santiago
17	Hernia Cardíaca	4	Sí	Santiago
67	IAM VD	9	No	Santiago
52	Sepsis Urinaria	4,3	Sí	Rancagua
16	Sepsis de origen desconocido	0,4	No	Chillan
17	Status asmático	5	Sí	Santiago
35	Politrauma SDRA	7	En curso	Antofagasta

Sobrevida global: 64%  
 Días ECMO: 7,7 +/- 5,9  
 Días en centro ECMO: 29,7 +/- 26,2 (6 – 101)  
 Tipos de ECMO: VV: 5/11 VA 6/11

No hubo complicaciones que pusieran en riesgo la vida del enfermo, pero los problemas logísticos (traslados de insumos y personal por ejemplo) en un comienzo fueron frecuentes. Estos han disminuido con la acumulación de experiencia, el desarrollo de un programa, pausas de seguridad y listas de chequeos. La mayoría de los potenciales problemas están en relación a la autonomía de gases y poder eléctrico, por lo que es vital chequear estos soportes en todas las etapas del traslado (Figura 7).

Podemos finalmente resumir de la siguiente manera:

- El Soporte extracorpóreo es una herramienta útil en aumentar la so-

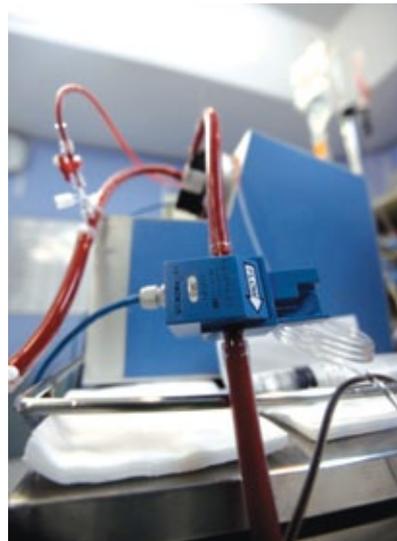
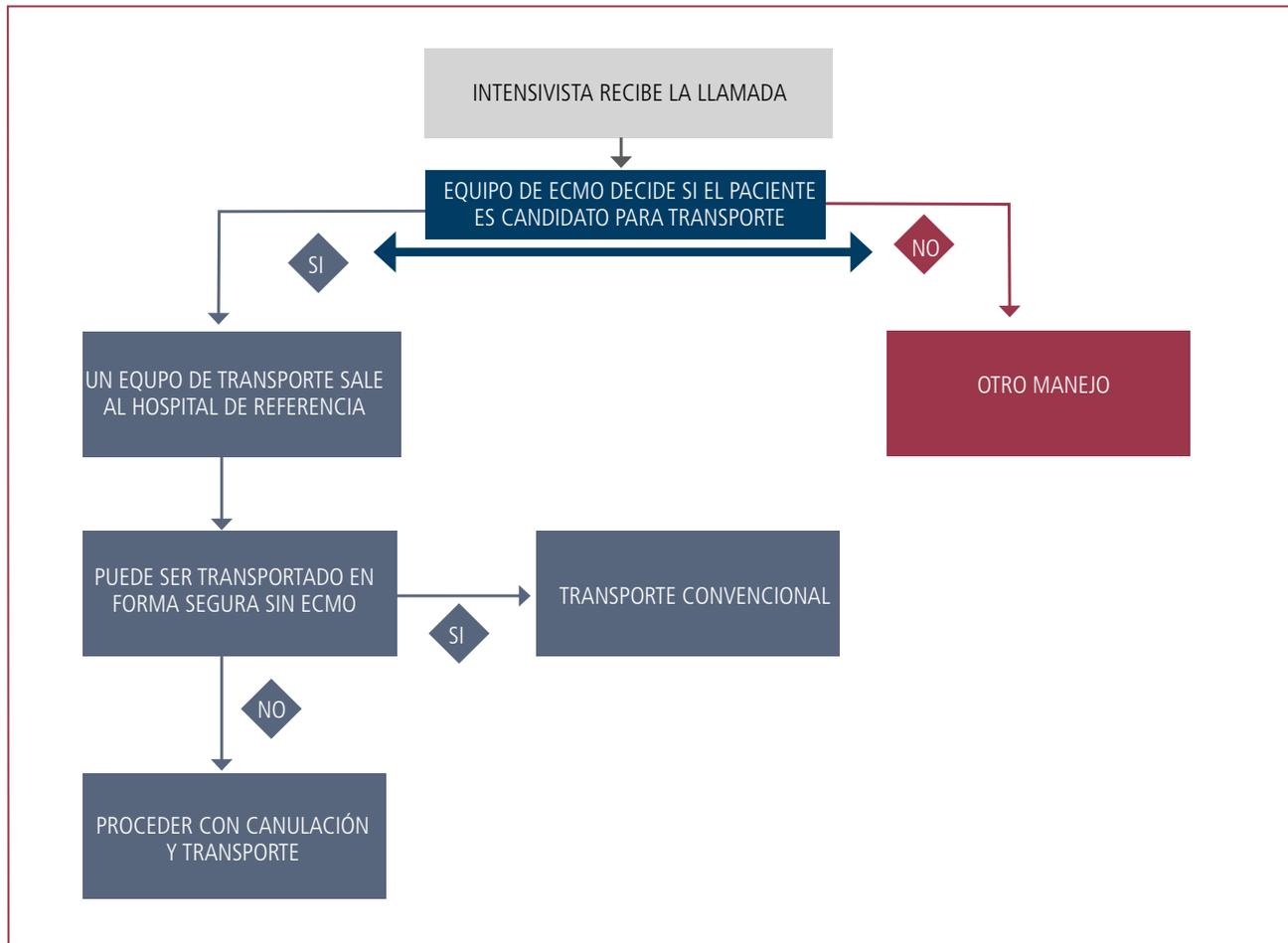


Figura 8 Bomba centrífuga utilizada en ECMO Mobile. Autonomía de baterías: una hora.

### FIGURA 7. TOMA DE DECISIÓN SI PACIENTE ES CANDIDATO



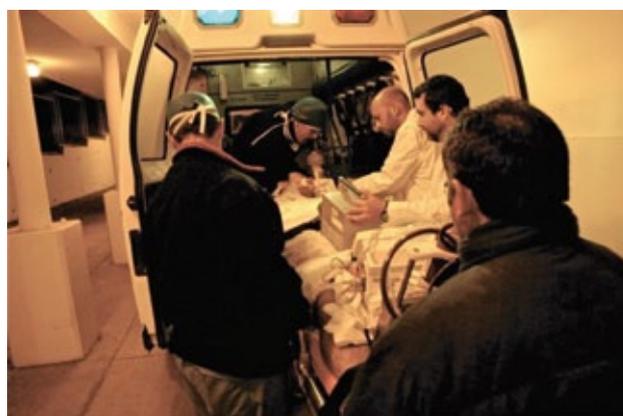
brevidad de pacientes con altas posibilidades de muerte, especialmente si la falla es respiratoria.

- Los resultados obtenidos hasta ahora están de acuerdo a la experiencia internacional.

- El ECMO Mobile permite entregar esta técnica en centros que no la poseen, con resultados similares a un ECMO convencional



Paciente con Influenza por virus A H1N1. SDRA grave, Score de Murray: 3,5. Fue canulada in situ (veno venoso) y trasladada a centro ECMO donde estuvo 15 días en Soporte.



Paciente con Status Asmático en Viña del Mar. Fue canulado in situ (veno – venoso). Nótese el uso de ecografía transesofágica para ubicación de las cánulas.



Paciente con IAM ventrículo derecho. Shock cardiogénico. Canulación arterio-venosa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pesenti A. Extracorporeal gas exchange. *Curr Opin Crit Care* 2009; 15:52-58.
2. Toomasian J. A Polymethylpentene Fiber Gas Exchanger for Long-Term Extracorporeal Life Support. *ASAIO Journal* 2005; 51: 390-397.
3. Zapol WM. Extracorporeal membrane oxygenation in severe acute respiratory failure. A randomized prospective study. *JAMA* 1979;242: 2193-2196.
4. Gattinoni L. Low-frequency positive-pressure ventilation with extracorporeal CO<sub>2</sub> removal in severe acute respiratory failure. *JAMA* 1986; 256: 881-886.
5. Morris AH. Randomized clinical trial of pressure-controlled inverse ratio ventilation and extracorporeal CO<sub>2</sub> removal for adult respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 149: 295-305.
6. Peek GJ. Extracorporeal membrane oxygenation for adult respiratory failure. *Chest* 1997; 112:759-764.
7. Peek GJ. Efficacy and economic assessment of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR): a multicentre randomised controlled trial. *Lancet*. 2009; 374(9698):1351-1363.
8. Zwischenberger JB. Will CESAR answer the adult ECMO debate? *Lancet* 2009;374:1307-8.
9. Napolitano L. Nonventilatory strategies for patients with life-threatening 2009 H1N1 influenza and severe respiratory failure. *Crit Care Med* 2010; 38[Suppl.]:e74-e90.
10. Krisa Van Meurs, M.D., Kevin P. Lally, M.D., Giles Peek, M.D., Joseph B. Zwischenberger, M.D. *ECMO Extracorporeal Cardiopulmonary Support in Critical Care 3rd Edition*, 2005.
11. Kopp R. Role of extracorporeal lung assist in the treatment of acute respiratory failure. *Minerva Anestesiol* 2006;72:587-95.
12. Allen S. A Review of the Fundamental Principles and Evidence Base in the Use of Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO) in Critically Ill Adult Patients. *J Intensive Care Med* 2011 26: 13-26.
13. Terragni P. Tidal Volume Lower than 6 ml/kg Enhances Lung Protection. Role of Extracorporeal Carbon Dioxide Removal. *Anesthesiology* 2009; 111:826-35.
14. Gattinoni L. Low frequency positive-pressure ventilation with extracorporeal CO<sub>2</sub> removal in severe acute respiratory failure. *JAMA* 1986; 256:881-6.
15. Haile D. Optimal Time for Initiating Extracorporeal Membrane Oxygenation. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. V13 (4), September 2009 146-153.
16. Dietl C. Extracorporeal membrane oxygenation support improves survival of patients with severe Hantavirus cardiopulmonary syndrome. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* Vol 135 (3) 579-584.
17. John R. Experience with the Levitronix CentriMag circulatory support system as a bridge to decision in patients with refractory acute cardiogenic shock and multisystem organ failure. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2007;134:351-3.
18. Liu L. Rescue Therapies for Acute Hypoxemic Respiratory Failure. *Anesth Analg* 2010;111:693-702.
19. Patroniti N. Clinical management of severely hypoxemic patients. *Current Opinion in Critical Care* 2011, 17:50-56.
20. Kolla S. Extracorporeal life support for 100 adult patients with severe respiratory failure. *Ann Surg* 1997; 226:544-564.
21. Lewandowski K. High survival rate in 122 ARD patients managed according to a clinical algorithm including extracorporeal membrane oxygenation. *Intensive Care Med* 1997; 23:819-835.
22. Linden V. High survival in adult patients with acute respiratory distress syndrome treated by extracorporeal membrane oxygenation, minimal sedation, and pressure supported ventilation. *Intensive Care Med* 2000; 26:1630-1637.
23. Hemmila MR. Extracorporeal life support for severe acute respiratory distress syndrome in adults. *Ann Surg*. 2004;240(4):595-607.
24. Australia and New Zealand Extracorporeal Membrane Oxygenation (ANZ ECMO) Influenza Investigators. Extracorporeal membrane oxygenation for 2009 Influenza A(H1N1) acute respiratory distress syndrome. *JAMA* 2009;302:1888-1895.
25. Brogan T. Extracorporeal membrane oxygenation in adults with severe respiratory failure: a multi-center database. *Intensive Care Med* (2009) 35:2105-2114.
26. Mols G. Extracorporeal membrane oxygenation: a ten-year experience. *Am J Surg*. 2000;180(2):144-154.
27. Morris AH. Randomized clinical trial of pressure-controlled inverse ratio ventilation and extracorporeal CO<sub>2</sub> removal for adult respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 149: 295-305.
28. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. *N Engl J Med* 2000; 342:1301-1308.
29. Field DJ. UK collaborative randomised trial of neonatal extracorporeal membrane oxygenation. *Lancet*. 1996;348(9020):75-82.
30. O'Rourke PP. Extracorporeal membrane oxygenation and conventional medical therapy in neonates with persistent pulmonary hypertension of the newborn: a prospective randomized study. *Pediatrics*. 1989;84(6):957-963
31. Fliman P. Neonatal extracorporeal life support: impact of new therapies on survival. *J Pediatr* 2006;148:595-9.
32. Datos de Registro ELSO. Enero 2011. ECLS Registry Report International Summary Extracorporeal Life Support Organization.
33. Oliver, W. Anticoagulation and Coagulation Management for ECMO. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* Vol. 13, No. 3, September 2009 312-9.
34. Murray JF. An expanded definition of the Adult Respiratory Distress Syndrome. *Am Rev Resp Dis* 1988; 138: 720-3.
35. Hausmann H. Prognosis After the Implantation of an Intra-Aortic Balloon Pump in Cardiac Surgery Calculated With a New Score. *Circulation* 2002;106;I-203-I-206.
36. Samuels LE, Kaufman MS, Thomas MP, Holmes EC, Brockman SK, Wechsler AS. Pharmacological criteria for ventricular assist device insertion following postcardiotomy shock: experience with the Abiomed BVS system. *J Card Surg* 1999; 14: 288-293.

37. Shawl . Emergency percutaneous cardiopulmonary bypass support in cardiogenic shock from acute myocardial infarction. *Am J Cardiol.* 1989; 64(16):967-970.
38. Muehrcke . Extracorporeal membrane oxygenation for postcardiotomy cardiogenic shock. *Ann Thorac Surg.* 1996;61(2):684-691.
39. Kawahito K. Usefulness of extracorporeal membrane oxygenation for treatment of fulminant myocarditis and circulatory collapse. *Am J Cardiol.* 1998;82(7):910-911.
40. Kitamura M. Current strategy of temporary circulatory support for severe cardiac failure after operation. *Ann Thorac Surg.* 1999;68(2):662-665.
41. Magovern GJ Jr. Extracorporeal membrane oxygenation for adult cardiac support: the Allegheny experience. *Ann Thorac Surg.* 1999;68(2):655-661.
42. Pagani FD, Lynch W, Swaniker F, et al. Extracorporeal life support to left ventricular assist device bridge to heart transplant: a strategy to optimize survival and resource utilization. *Circulation.* 1999;100(19 suppl):206-210.
43. Kato S. Use of percutaneous cardiopulmonary support of patients with fulminant myocarditis and cardiogenic shock for improving prognosis. *Am J Cardiol.* 1999;83(4):623-625.
44. Smith C. An extracorporeal membrane oxygenation-based approach to cardiogenic shock in an older population. *Ann Thorac Surg.* 2001;71(5):1421-1427.
45. Ko WJ. Extracorporeal membrane oxygenation support for adult postcardiotomy cardiogenic shock. *Ann Thorac Surg.* 2002;73(2):538-545.
46. Doll N. Five-year results of 219 consecutive patients treated with extracorporeal membrane oxygenation for refractory postoperative cardiogenic shock. *Ann Thorac Surg* 2004; 77(1):151-157.
47. Leprince P. Peripheral extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in patients with posttransplant cardiac graft failure. *Transplant Proc.* 2005;37(6):2879-2880.
48. Bakhtiary F. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for treatment of cardiogenic shock: Clinical experiences in 45 adult patients. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2008;135(2):382-388.
49. Thiagarajan RR. Extracorporeal membrane oxygenation to support cardiopulmonary resuscitation in adults. *Ann Thorac Surg.* 2009; 87(3):778-785.
50. Taghavi S. Extracorporeal membrane oxygenation is superior to right ventricular assist device for acute right ventricular failure after heart transplantation. *Ann Thorac Surg.* 2004;78(5):1644-1649.
51. Rastan A. 2010 Early and late outcomes of 517 consecutive adult patients treated with extracorporeal membrane oxygenation for refractory postcardiotomy cardiogenic shock. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010;139:302-311.
52. Prankoff T. Adult ECMO: Complications, Follow-up, Outcomes. Presentado en "ELSO ADULT ECMO COURSE". San Diego, California. 21 de Septiembre 2008.
53. Steven Conrad M.D., PhD. and Peter T. Rycus M.P.H. Chapter 10. ECMO Extracorporeal Cardiopulmonary Support in Critical Care 3rd Edition, The ELSO Registry, 2005.
54. Boedy RF. Hidden mortality rate associated with extracorporeal membrane oxygenation. *J Pediatr* 1990;117:462-4.
55. Robert J. DiGeronimo, M.D., Cody L. Henderson, M.D., and Peter H. Grubb, M.D. Chapter 9 ECMO Extracorporeal Cardiopulmonary Support in Critical Care 3rd Edition, Referral and Transport of ECMO Patients, 2005.
56. Bulpa P. Inter-hospital transportation of patients with severe acute respiratory failure on extracorporeal membrane oxygenation. *Intensive Care Med* (2002) 28:802.
57. Wagner K. Transportation of critically ill patients on extracorporeal membrane oxygenation. *Perfusion* (2008) 23, 101-106.
58. Foley D. A Review of 100 Patients Transported on Extracorporeal Life Support. *ASAIO Journal* 2002; 48:612-619.
59. Clement K. Single-institution experience with interhospital extracorporeal membrane oxygenation transport: A descriptive study. *Pediatr Crit Care Med* 2010; 11: 509-513.
60. Heidi J. Dalton. Have ECMO will travel: Coming to your neighborhood? *Pediatr Crit Care Med* 2010 Vol. 11, No. 4 533, 535.
61. Haneya A. Extracorporeal circulatory systems in the interhospital transfer of critically ill patients : Experience of a single institution. *Ann Saudi Med* 2009;29:110-4.
62. Roissant R. Extracorporeal membrane oxygenation for transport of hypoxaemic patients with severe ARDS. *Br J Anaesth* 1997;78:241-46.
63. Haneya A. Extracorporeal Circulatory Systems as a Bridge to Lung Transplantation at Remote Transplant Centers. *Ann Thorac Surg* 2011 91: 250-255.
64. McBride L. Transfer of patients receiving advanced mechanical circulatory support. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2000;119:1015-20.4.
65. Linden V, Palmer K, Reinhard J, et al: Interhospital transportation of patients with severe acute respiratory failure on extracorporeal membrane oxygenation—National and international experience. *Intensive Care Med* 2001; 27:1643-1648.
66. Coppola CP, Tyree M, Larry K, et al: A 22- year experience in global transport extracorporeal membrane oxygenation. *J Ped Surg* 2008; 43:46-52.
67. Di Fuller, Transport ECMO in NZ, Aeromedical Society Australasia (Disponibile en: [http://www.isas.org.au/img.ashx?f=f&p=christchurch\\_2010%2FECMO+Transportation+Experience+--+Di+Fuller.pdf](http://www.isas.org.au/img.ashx?f=f&p=christchurch_2010%2FECMO+Transportation+Experience+--+Di+Fuller.pdf) . Consultado el 25 de febrero de 2011.
68. Gariboldi V. Mobile Extracorporeal Membrane Oxygenation Unit Expands Cardiac Assist Surgical Programs. *Ann Thorac Surg* 2010;90: 1548 -53.
69. Forrest P. Retrieval of critically ill adults using extracorporeal membrane oxygenation: an Australian experience. *Intensive Care Med.* 2011 Feb 26.

El autor declara no tener conflictos de interés, en relación a este artículo.