

Oxigenación por Membrana Extracorpórea (ECMO): Experiencia en una Unidad de Cuidado Intensivo Neonatal

Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO): Experience in a Neonatal Intensive Care Unit

Dr. Eduardo D. Domínguez^a, Dra. Gisella Salas^a, Dr. Martín Valdés^a,
Dra. Cecilia Rubio^a, Dra. Patricia Bellani^a, Lic. Sonia Rodas^a y Dra. Diana Fariña^a

RESUMEN

La Oxigenación por Membrana Extracorpórea (ECMO), aún poco desarrollada en la Argentina, es una terapia de rescate altamente invasiva, destinada a pacientes críticamente enfermos, con insuficiencia respiratoria grave y fallo cardiovascular asociado o sin él, y una probabilidad de mortalidad cercana al 80%. Este estudio comunica los primeros pacientes tratados con ECMO en el Área de Terapia Intensiva Neonatal (UCIN) del Hospital Garrahan, Buenos Aires.

Desde abril 2008 a enero 2012 fueron tratados 17 pacientes con ECMO veno-arterial, con una supervivencia del 59%, similar a los informes internacionales. Los pacientes se encuentran en seguimiento, evaluándose la evolución a largo plazo.

Palabras clave: ECMO, neonatos, lactantes, insuficiencia respiratoria.

SUMMARY

Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO), a poorly developed resource in Argentina, is a highly invasive rescue therapy, for critically ill patients with severe respiratory failure with or without associated cardiovascular failure and mortality probability near to 80%. This article reports the experience obtained with first patients treated with ECMO in the Neonatal Intensive Care Unit (NICU) of Hospital Garrahan at Buenos Aires.

From April 2008 to January 2012, 17 patients were treated with veno-arterial ECMO. Survival rate was 59%, similar to international reports. Patients are being monitored to evaluate their long-term outcome.

Key words: ECMO, neonates, infants, respiratory failure.

<http://dx.doi.org/10.5546/aap.2012.xxx>

INTRODUCCIÓN

La Oxigenación por Membrana Extracorpórea (ECMO) es una técnica de asistencia circulatoria desarrollada para asegurar un adecuado aporte de oxígeno a pacientes que sufren fallo respiratorio o cardiovascular (o ambos). En estos pacientes, cuando las terapéuticas convencionales fracasan,

la mortalidad supera el 80%.^{1,2} Esta estrategia terapéutica mantiene las variables respiratorias y hemodinámicas dentro de límites normales, mientras los órganos afectados, principalmente, el pulmón y el corazón se mantienen en reposo relativo hasta lograr su recuperación. La ECMO provee una entrega de oxígeno adecuada, minimiza el daño que producen las presiones empleadas en la asistencia respiratoria mecánica (ARM), brinda una elevada fracción inspirada de oxígeno y altas dosis de fármacos vasoactivos. Es un procedimiento altamente invasivo; requiere la canulación de venas y arterias importantes que luego son ligadas definitivamente. Las complicaciones del circuito, y las del paciente pueden poner en riesgo la vida.

El primer caso exitoso de ECMO fue practicado en 1972 por Hill, en un hombre de 24 años con un Síndrome de Dificultad Respiratoria del Adulto y ruptura de la aorta por un accidente.³ En mayo de 1975, Bartlett logró el primer tratamiento exitoso con ECMO en un recién nacido (RN) de sexo femenino con un Síndrome de Aspiración de Líquido Amniótico Meconial.^{4,5}

Desde entonces, según los datos de la Organización para el Apoyo Vital Extracorpóreo (*Extracorporeal Life Support Organization*, ELSO), existen en el mundo más de 30 000 pacientes tratados con ECMO. Luego de más de 30 años del primer informe del caso neonatal, la ECMO se convirtió en la última opción terapéutica para pacientes críticamente enfermos, cuando los tratamientos convencionales y la terapia máxima han fracasado.

a. Hospital de Pediatría SAMIC "Profesor Dr. Juan P Garrahan", Área Terapia Intensiva Neonatal, Buenos Aires, Argentina.

Correspondencia:
Dr. Eduardo Domínguez:
eduecmo@gmail.com

Conflicto de intereses:
Ninguno que declarar.

Recibido: 13-4-2012
Aceptado: 4-7-2012

El Grupo de Estudio de ECMO del Reino Unido publicó, en 1996, los resultados de un estudio clínico aleatorizado que comparó la eficacia de la ECMO contra la terapia convencional; el estudio fue detenido antes de completar el reclutamiento acordado debido a que la mortalidad con la ECMO era de 32% contra el 59% en el grupo convencional, es decir que, por cada 3-4 pacientes tratados con ECMO se lograba la supervivencia de un paciente.⁶ Otras publicaciones han demostrado la eficacia de la ECMO en el tratamiento de RN con fallo cardiorrespiratorio refractario a las terapias convencionales.^{7,8}

El Programa de ECMO de la UCIN del Hospital Garrahan comienza en 1998 con un entrenamiento multidisciplinario a través de la realización de talleres teórico-prácticos y procedimientos de ECMO en porcinos de la raza Landrace.^{9,10} Luego de una fase de entrenamiento intensiva se inició la etapa clínica. En el año 2008 se practicó ECMO al primer paciente neonatal en la Unidad.¹¹

El objetivo de este estudio es presentar los resultados de los primeros 17 pacientes tratados con ECMO en la UCIN del Hospital Garrahan.

MATERIAL Y MÉTODO

Diseño: estudio descriptivo de informe de serie de casos. Los datos se resumen mediante frecuencias, medias y medianas y desvíos estándar (DE) o intervalos.

Población: todos los pacientes ingresados en ECMO, desde el 1 de abril de 2008 hasta el 31 enero de 2012. Los criterios de inclusión al tratamiento figuran en la *Tabla 1*, adoptados por nuestra Unidad, basados en las guías de tratamiento de la ELSO.¹²

Variables incluidas en el estudio: edad gestacional (EG), edad al ingreso (EI), peso de nacimiento (PN), peso al ingreso a ECMO (PI), diagnóstico clínico, índice de oxigenación (IO) al ingreso a ECMO, días de internación, duración en horas del procedimiento, supervivencia, complicaciones del paciente y del circuito.

Descripción del Programa de ECMO: el equipo de ECMO está a cargo de un coordinador médico y uno de enfermería; cuatro médicos neonatólogos y doce enfermeros neonatales. Además, cirujanos cardiovasculares, perfusionistas e integrantes de los Servicios de: Hematología, Hemoterapia, Cardiología, Farmacia y Diagnóstico por Imágenes. Durante las 24 h del día el paciente está a cargo de un neonatólogo y dos enfermeros, uno, asistiendo al paciente y el otro, al cuidado del circuito. La decisión del ingreso y egreso del paciente a ECMO es consensuado entre el coordinador médico de ECMO y el médico a cargo del paciente. En todos los casos, los pacientes ingresaron con el consentimiento informado de los padres. Los criterios de suspensión anticipada de la ECMO incluyeron situaciones en las que la continuación del procedimiento agravaba el cuadro del paciente.

Tabla 1: Indicaciones de ECMO - Criterios de inclusión

Edad gestacional > 34 semanas.
Asistencia respiratoria no más de 14 días (criterio relativo).
Ausencia de enfermedades graves: anomalías cromosómicas, anomalías anatómicas o síndromes malformativos graves.
Ausencia de HIV/PV grado II o >.
Sin evidencia de daño cerebral grave.
Ausencia de sangrado masivo.
Presencia de insuficiencia respiratoria grave: <ul style="list-style-type: none"> • $IO^* > 40$, en tres determinaciones, en un período de 3-5 h ($IO = MAP \times FiO_2 / PaO_2$ postductal). • Descompensación grave con $PaO_2 < 40$ torr, sin respuesta a la terapia máxima (ventilación de alta frecuencia; administración de óxido nítrico inhalado). • Episodios de descompensación, tres o más, durante 12 h, que requieren reanimación con presión positiva.
Disfunción cardíaca grave, sin respuesta a terapia convencional: <ul style="list-style-type: none"> • Ecocardiograma que demuestra disfunción ventricular grave con soporte vasoactivo máximo: dopamina ≥ 20 $\mu g/kg/min$; epinefrina $\geq 0,5$ $\mu g/kg/min$; dobutamina ≥ 20 $\mu g/kg/min$; milrinona = 0,8 $\mu g/kg/min$. • Requerimientos continuos de expansiones de volumen.

* Un $IO > 40$ durante 3-5 h predice una mortalidad > 80%.

HIV/PV: hemorragia intraventricular/periventricular; IO: índice de oxigenación; MAP: presión media de la vía aérea; FiO_2 : fracción inspirada de oxígeno; PaO_2 : presión arterial de oxígeno.

Descripción del equipamiento y procedimientos: en todos los casos se practicó ECMO veno-arterial. Se utilizó una bomba oclusiva de rodillos (Cobe®), oxigenador de membrana de 0,8 m² (Avecor®, Medtronic®) y circuito ¼" x 1/16" diseñado según nuestros requerimientos (Medtronic®). Además, el circuito cuenta con monitor de saturación venosa mixta (SvO₂) (3M-CDI-100®), monitor de flujo y detector de burbujas (Transonic®), monitoreo de presión premembrana y postmembrana e intercambiador de calor servocontrolado (Cincinatti Sub-Zero®).

El paciente se colocaba en una servocuna con sistema de elevación, en decúbito dorsal, con la cabeza ubicada a los pies para la canulación de los vasos del cuello, monitorizado con tensión arterial invasiva, T° corporal central, oximetría de pulso y registro electrocardiográfico. El circuito se ensambló en un área separada del sector de internación bajo estrictas normas de asepsia y luego se purgó secuencialmente con CO₂, solución salina normal, albúmina y finalmente con sangre (cebado del sistema).

En la *Figura 1*, se observa un esquema del circuito y del sistema de cebado. En la *Figura 2*, se

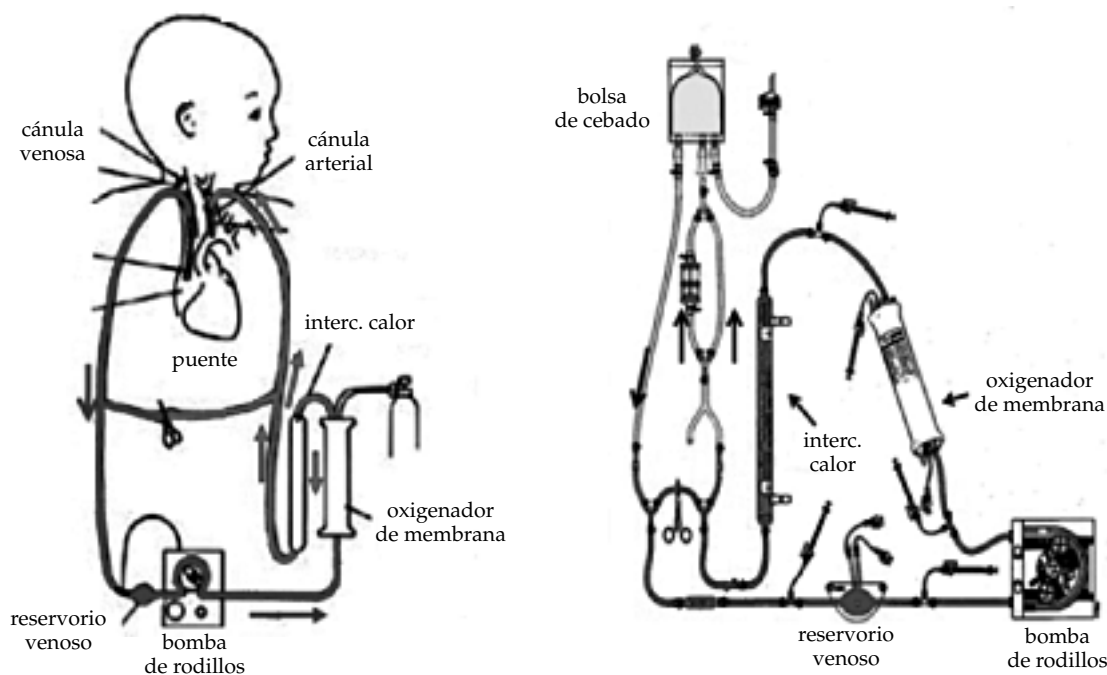
aprecia una fotografía del equipo y otra, durante un procedimiento.

La anticoagulación se controló con el Tiempo de Coagulación Activada (TCA) (Medtronic®); se practicó con infusión continua de heparina (1 ml= 5000 UI) preparada en una solución de dextrosa al 5%, equivalente a 0,1 ml/h= 2,5 UI/kg/h. La dosis de inicio fue de 15-25 UI/kg/h, si el primer TCA en el curso de ECMO era < 300 seg; los controles se efectuaron cada 30-60 min, con el objetivo de mantener valores de TCA de 180-200 seg. Cada 6 h, se efectuaba el recuento de plaquetas y, diariamente, factor anti Xa, antitrombina III, coagulograma, fibrinógeno y dímero D.

Se realizó diariamente ecocardiograma y ecografías cerebral y abdominal.

La canulación, en todos los casos, fue realizada por un cirujano cardiovascular, quien decidía el tamaño de las cánulas al exponerse los vasos. Se canuló la vena yugular interna derecha, ubicando la cánula unos 7,5 cm dentro de la aurícula derecha (con el extremo 1-2 cm por encima del diafragma) y la arteria carótida derecha, introducida alrededor de 2,5 cm, con el extremo en la desembocadu-

FIGURA 1. Esquema del circuito ECMO veno-arterial y circuito de cebado



Esquema del circuito de ECMO similar al utilizado en el Hospital Garrahan (izquierda), con la bomba oclusiva de rodillos y el reservorio venoso. A la derecha, el circuito con el sistema para realizar el cebado con CO₂, solución salina normal, albúmina y finalmente la sangre.

ra de la arteria innominada en el arco aórtico. En todos los casos se practicó radiografía de tórax y ecocardiografía para confirmar la normoposición de las cánulas.

El flujo de ingreso de bomba se incrementó paulatinamente y al alcanzar 80 ml/kg/min se disminuyeron los parámetros respiratorios al nivel de "reposo pulmonar": presión inspiratoria máxima= 25/30 cmH₂O, presión positiva al final de la espiración= 10 cmH₂O, tiempo inspiratorio= 0,5/0,6 seg, frecuencia respiratoria= 15 ciclos por min y FiO₂= 0,21/0,30. Luego se incrementó el flujo hasta alcanzar 120-140 ml/kg/min según el estado clínico del paciente, con el objetivo de alcanzar el 80% del gasto cardíaco del paciente, o sea que se mantenía, estimativamente, un 20% del gasto cardíaco del corazón nativo. Según la respuesta clínica, SvO₂, la radiografía de tórax y el ecocardiograma se realizaron decrementos graduales del flujo, hasta llegar a valores mínimos (30-60 ml/kg/min), momento en que se iniciaron las pruebas de suspensión de ECMO. Si la respuesta era adecuada y luego de dos pruebas exitosas, se descanulaba al paciente, finalizando el procedimiento.

Se efectuó hemofiltración/hemodiafiltración (hemofiltro Argimed®), en caso de insuficiencia renal o balance hidroelectrolítico inadecuado sin respuesta a los diuréticos.

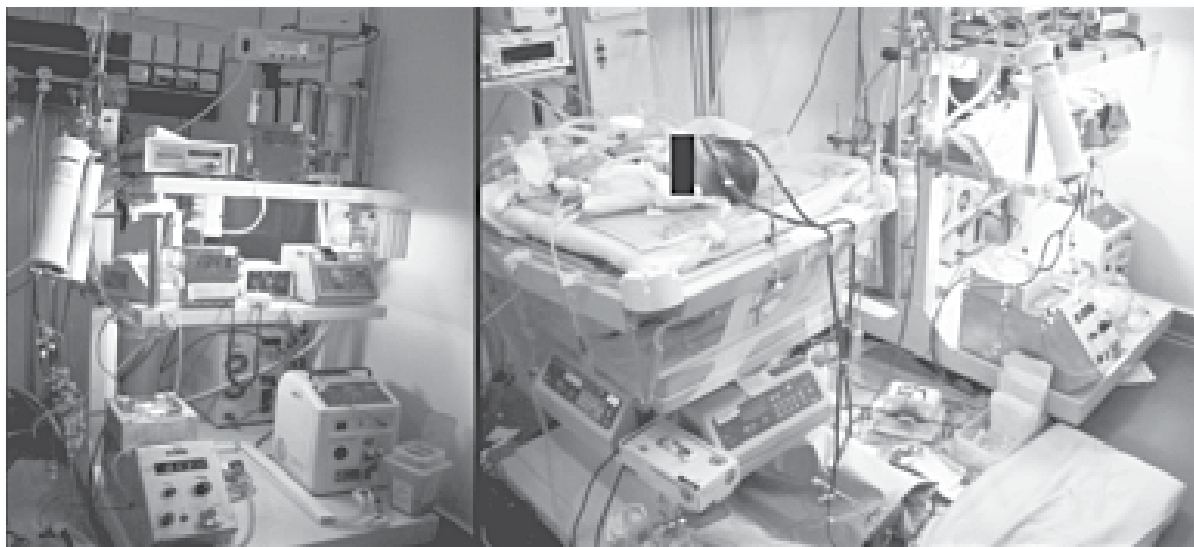
RESULTADOS

Las características generales de los 17 pacientes al ingreso a ECMO se describen en la *Tabla 2*. Se excluyó un paciente de 45 días con neumonía por *Pertussis* que ingresó a ECMO luego de 25 min de paro cardiorrespiratorio, suspendiéndose el procedimiento a los 15 min. La *Tabla 3* (ver versión electrónica), presenta la evolución de los 17 pacientes. Antes de ingresar a ECMO, todos los pacientes requirieron fármacos vasoactivos y óxido nítrico. Las cánulas arteriales utilizadas fueron: 8 Fr en 2 pacientes, 10 Fr en 9 y 12 Fr en 6. Las venosas fueron, 14 Fr en 10, 12 Fr en 4 y 10 Fr en 3. Se administró surfactante en 7 pacientes, 4 antes del ingreso y 3 previo al egreso de ECMO.

La dosis de heparina fue variable, con requerimientos de hasta 100 UI/kg/h. Se administró, en la mayoría de los pacientes, una o más transfusiones diarias de plaquetas.

Las complicaciones del circuito se limitaron al cambio del oxigenador de membrana debido a su ruptura (n= 2). Las complicaciones de los pacientes fueron: neumotórax (n= 1); hemorragia del sistema nervioso central (n= 4); hemoperitoneo (n= 1); hematoma extenso subcutáneo por infiltración de acceso vascular percutáneo (n= 1); hipertensión arterial (n= 1); sepsis tardía (n= 1). Se realizó hemofiltración (n= 3) y hemodiafiltración (n= 2); la mayoría requirió furosemida.

FIGURA 1. Equipo de ECMO



Izquierda: equipo de ECMO durante un curso de perfusión veno-arterial.

Derecha: se observa al paciente canulado (veno-arterial) y, más a la derecha, el equipo de ECMO.

No hubo diferencias entre los sobrevivientes (n= 10) y el grupo de paciente fallecidos (n= 7) en el peso de ingreso (3360 ± 1245 contra 3360 ± 1291), en el índice de oxigenación ($43,4 \pm 8$ contra $43,4 \pm 8$) ni en el flujo máximo de bomba alcanzado (124 ml/k/min contra 131 ml/k/min). La supervivencia en ECMO fue según diagnóstico: 3/8 hernia diafragmática congénita, 2/3 coqueluche, 1/1 bronquiolitis, 3/3 síndrome de aspiración de líquido amniótico meconial y 1/2 hipertensión pulmonar persistente del recién nacido.

Seis de los 8 pacientes con hernia diafragmática congénita (HDC), tenían diagnóstico prenatal.

De los siete pacientes fallecidos, en cinco se realizó la descanulación electiva, en tres, por hemorragia intracraneana; otro, presentó una hemorragia subcutánea de gran extensión se-

cundaria a la infiltración por ruptura de un acceso percutáneo y el quinto, neumonía grave por *Bordetella pertussis* con arritmia refractaria. Los dos restantes, fallecieron, luego de la suspensión electiva de ECMO, uno, por hemorragia abdominal masiva y el otro por fallo multiorgánico luego de cerrado el ductus (en la necropsia se constató coartación de aorta grave no diagnosticada por ecocardiografía).

Todos los sobrevivientes concurren al Consultorio de Seguimiento Neonatal de Alto Riesgo.

DISCUSIÓN

La ECMO es una terapia altamente invasiva y costosa que debe estar reservada para pacientes con patologías reversibles refractarias a terapias convencionales máximas, como ventilación de alta frecuencia, óxido nítrico y fármacos vasoactivos a dosis máximas. A partir de los estudios de Barlett,^{4,13} esta tecnología se desarrolló en distintos países para el tratamiento del fallo respiratorio-cardíaco en RN de término o casi término.

Mugford (2008) publicó un metaanálisis de cuatro estudios con el objetivo de determinar la eficacia en términos de mortalidad y discapacidad en la infancia, de la ECMO contra el tratamiento convencional e incluían la evaluación de la costo-eficacia de esta tecnología; los estudios compartían los criterios de ingreso a ECMO, pero diferían en la inclusión de pacientes con HDC, traslado y datos del seguimiento a largo plazo. Se demostró un claro beneficio a favor de la ECMO en la mortalidad (RR 0,44; IC95% 0,31-0,61), que mejoraba aún más, si se excluían los pacientes con HDC (RR 0,33; IC95% 0,21-0,53).¹⁴

El estudio del Reino Unido es el único que aportó datos de evolución alejada (óbito o discapacidad grave) a los 4 y 7 años (RR 0,62; IC95% 0,45-0,86) y (RR 0,64; IC95% 0,47-0,86) respectivamente, así como el estudio de costo-eficacia.^{15,16}

Nuestro Programa de ECMO Neonatal es el primero realizado en el país en forma orgánica. La mayoría de los centros que han desarrollado ECMO, lo han hecho como continuación del soporte cardiovascular (postcirugía de cardiopatías congénitas) o en forma aislada. Para el entrenamiento del grupo involucrado se realizaron, en el bioterio del Hospital Garrahan, catorce sesiones experimentales en animales y numerosos talleres teórico-prácticos.^{9,10}

El equipamiento permitió practicar ECMO sin mayores complicaciones y, pese a la utilización de una bomba oclusiva, no se presentaron inconvenientes relacionados con la producción

TABLA 2. Resultados

Total de pacientes	17
Sexo masculino	10
PN (g): X \pm DE	3106 \pm 566
PI (g): X \pm DE	3488 \pm 1,177
PI (g): Valores extremos	2250-7000
Edad al ingreso < 3 días de vida	13
> 3 días < 29 d	1
> 1 mes	3
Diagnósticos de ingreso	
HDC izquierda	6
HDC derecha	2
Coqueluche	3
Bronquiolitis	1
SALAM	3
HPPRN	2
Parámetros de ingreso	
IO: X \pm DE	43,4 \pm 8,2
Valores extremos	32-54
Flujo máximo de bomba ml/k/min: X \pm DE	127 \pm 15
Evolución	
Horas de ECMO: X \pm DE	133 \pm 100
Horas de ECMO: Valores extremos	20-336
Supervivencia (%)	10 (59%)
Días de internación: mediana (P25-P75)	31 (8 -57)
Días de internación: valores extremos	2-126

X: media; PN: peso de nacimiento;

PI: peso de ingreso a ECMO;

P25-P75: percentilos 25 y 75;

IO: índice de oxigenación;

HDC: hernia diafragmática congénita;

SALAM: síndrome de aspiración de líquido amniótico meconial;

HPPRN: hipertensión pulmonar persistente del RN;

PP: Presión pulmonar medida por ecocardiografía antes de ingresar a ECMO.

de hemólisis ni la presencia de aire.

En nuestra unidad ingresaron a ECMO 17 pacientes, con una supervivencia global del 59%. Estos resultados son similares a los comunicados por la ELSO para este conjunto de patologías. En el caso de los RN con HDC, la supervivencia fue del 38%, menor a la comunicada, del 52%, en la ELSO;¹⁷ los dos pacientes con HDC derecha sobrevivieron, pese a que esta forma anatómica tiene peor pronóstico.¹⁸

El 75% de los pacientes con malformaciones pulmonares presentaba diagnóstico prenatal. El Hospital Garrahan y la Maternidad Sardá comparten un Programa de Diagnóstico y Tratamiento Fetal, por lo cual, diagnosticadas las malformaciones, el RN es derivado al nacimiento.

La mayoría de los pacientes fallecidos se encuentran entre los primeros ingresos al Programa, lo que denota la curva de aprendizaje de neonatólogos, enfermeros y cirujanos. En los primeros 7 pacientes están 6 de los fallecidos, 4, con HDC.

Se asistieron 3 pacientes con neumonía y sepsis por *Pertussis*, con una supervivencia del 66%. La gravedad y la mayor morbimortalidad en neonatos y lactantes pequeños por *Bordetella pertussis*, fue descrita por varios autores con una mortalidad superior al 50%.^{19,20}

Los 3 pacientes que presentaron SALAM sobrevivieron, coincidente con los informes de la ELSO en el 2006¹⁷ y, recientemente, por Singhy.²¹

Cabe destacar que, en solo un paciente (6%) de los 17, se aisló un germen (*Klebsiella* sensible a cefalosporinas). Constituyó un hallazgo entre los hemocultivos seriados que se efectúan por protocolo. La incidencia de infecciones durante la ECMO, según distintas publicaciones es variable, oscilan en 6-50%.^{22,23}

Los aspectos pendientes del programa de ECMO incluyen mejorar los resultados en HDC, disminuir los casos de hemorragias, especialmente del SNC, y la presentación de los resultados del neurodesarrollo, a los 18 meses y 3 años de vida de estos primeros diez sobrevivientes.

Concluimos que, dado los datos presentados, el desarrollo de la ECMO en el Hospital Garrahan logró resultados satisfactorios, en un grupo de pacientes cuya predicción de mortalidad superaba el 80%. La curva de aprendizaje aún se encuentra en desarrollo, pero el Programa se encuentra afianzado y un grupo creciente de profesionales del área se está incorporando al Programa de ECMO.

La introducción de tecnologías nuevas y complejas requiere un fuerte compromiso del recurso humano y de la institución donde se lleva a cabo.

El Programa de ECMO se encuentra en funcionamiento y constituye una oportunidad terapéutica eficaz para RN gravemente enfermos, quienes no responden a los tratamientos convencionales. ■

Agradecimientos

Enfermeras y médicos del Equipo profesional de ECMO del Área de Neonatología, Hospital Garrahan.

Dr. Jorge Barretta; Dr. Javier Cornellis; Dr. Pablo Ruffa: cirujanos cardiovasculares, Hospital Garrahan, quienes practicaron la canulación de los pacientes.

Médicos del Área de Neonatología que intervinieron en la primera fase experimental y desarrollo de la actividad teórico-práctica, Dra. María T. Mazzucchelli, Dr. Daniel Wright y Dr. Jorge Morales (médicos principales del Área de Neonatología, Hospital Garrahan).

Dr. Pedro de Sarasqueta (†) (ex Jefe del Área de Neonatología, Hospital Garrahan).

Médicos veterinarios: Dres. Marcelo Asprea y Gustavo Williams (Hospital Garrahan).

Médicos cirujanos cardiovasculares pediátricos y cirujanos pediátricos, que realizaron las primeras canulaciones en Medicina Experimental: Dr. Horacio Vogelfang, Dr. Gerardo Naiman, Dr. Mariano Boglione y Dr. Marcelo Martínez Ferro (Hospital Garrahan).

Servicios y Áreas de Hemoterapia, Farmacia, Hematología, Cardiología e Imágenes (Hospital Garrahan).

Perfusionista Estela Carmona (Hospital Garrahan).

Perfusionista Sr. Hugo D. Cardoso (Hospital Garrahan).

Dr. Carlos Blanco (Profesor en Pediatría/Director de Neonatología, Hospital Académico de Maastricht, Maastricht, Países Bajos).

Dr. Reese H. Clark (Profesor Asistente de Pediatría, Facultad de Medicina de la Universidad Emory, Atlanta, Georgia, EE.UU.).

Perfusionista Jorge Ogito (Jefe de Perfusionistas del Hospital de Niños de Miami, Miami, EE.UU.).

Dr. Ricardo Rodríguez (Jefe de Neonatología de la Clínica Cleveland, Ohio, EE.UU.).

Empresa Coto.

Fundación Guido Candolfi.

Fundación del Hospital Garrahan.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ortiz RM, Cilley RE, Batlett RH. Extracorporeal membrane oxygenation in pediatric respiratory failure. *Pediatric Clin North Am* 1987;34:39-46.

2. Beck R, Anderson KD, Pearson GD, Cronin J, et al. Criteria for extracorporeal membrane oxygenation in a population of infants with persistent pulmonary hypertension of the newborn. *J Pediatr Surg* 1986;21:297-302.
3. Hill JD, O'Brien TG, Murray JJ, Dontigny L, et al. Extracorporeal oxygenation for acute post traumatic respiratory failure (shock-lung syndrome): use the Bramson membrane lung. *N Eng J Med* 1972;286:629-34.
4. Bartlett RH, Gazzaniga AB, Jeffries MR, Huxtable RI, et al. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) cardiopulmonary support in infancy. *Trans Am Soc Artif Intern Organs* 1976;22:80-93.
5. Bartlett RH, Esperanza (ASAIO Presidential Address). *Trans ASAIO* 1985;30:723-5.
6. UK Collaborative ECMO Trial Group. UK collaborative randomized trial of neonatal extracorporeal membrane oxygenation. *Lancet* 1996;348:75-82.
7. Walker G, Liddell M, Davis C. Extracorporeal Life Support-state of the art. *Pediatr Respirat Rev* 2003;4:147-52.
8. Douglas R, Hansel RRT. Extracorporeal membrane oxygenation for perinatal and pediatric patients. *Respiratory Care* 2003;48(4):352-62.
9. Domínguez ED. Conferencia: "Implementación de ECMO en nuestro país". 9º Jornadas Nacionales de Neonatología; 6º Jornadas Interdisciplinarias de Seguimiento Neonatal de Alto Riesgo. Sociedad Argentina de Pediatría. Buenos Aires, 21-23 de agosto de 2008. Disponible en: <http://www.sap.org.ar/stratfiles/actividades/congresos/.../dominguez.pdf>.
10. Domínguez ED, Salas GL, Bellani PA, Rodas S, et al. Utilización de un modelo animal para entrenamiento en oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO). *Medicina Infantil* 2008;XVI(3):248-54.
11. Domínguez ED, Rodas S, Bellani PA, Rubio C, et al. Oxigenación de Membrana Extracorpórea, reporte de los primeros pacientes tratados en el Área de Terapia Intensiva Neonatal del Hospital de Pediatría SAMIC "Prof. Dr Juan P. Garrahan". Resúmenes de trabajos libres. 1º Congreso Argentino de Neonatología. Octubre de 2010. Disponible en http://www.sap.org.ar/images/stories/Neo_Res2010.pdf.
12. Short BL, Williams L. ECMO specialist training manual. 3rd ed. Extracorporeal Life Support Organization; 2010.
13. Bartlett RH. Surgery, science and respiratory failure. *J Pediatr Surg* 1997;32:1401-7.
14. Mugford M, Elbourne D, Field D. Extracorporeal membrane oxygenation for severe respiratory failure in newborn infants. *Cochrane Database Syst Rev* 2008; Issue 3: CD001340 Review.
15. Bennett C, Johnson A, Field D, Elbourne D for UK Collaborative ECMO trial group. UK collaborative randomised trial of neonatal extracorporeal membrane oxygenation: follow up to age 4 years. *Lancet* 2001;357:1094-6.
16. Petrou S, Bischof M, Bennett C, Elbourne D, et al. Cost-effectiveness of neonatal extracorporeal membrane oxygenation based on 7-year results from the United Kingdom Collaborative ECMO Trial. *Pediatrics* 2006;117(5):1640-9.
17. ELSO, Extracorporeal Life Support Organization, Ann Arbor, MI. Pediatric Respiratory Care Statistics. International Summary as of January; 2006.
18. Fisher JC, Jefferson RA, Arkovitz MS, Stolar CJ. Redefining outcomes in right congenital diaphragmatic hernia. *J Pediatr Surg* 2008;43:373-9.
19. De Berry BB, Lynch JE, Chung DH, Zwischenberger JB. Pertussis with severe pulmonary hypertension and leukocytosis treated with extracorporeal membrane oxygenation. *Pediatr Surg Int* 2005;21(8):692-4.
20. Castagnini L, Munoz F. Clinical characteristics and outcomes of neonatal pertussis: a comparative study. *J Pediatr* 2010;156:498-500.
21. Singh BS, Clark RH, Powers RJ, Spitzer AR. Meconium aspiration syndrome remains a significant problem in the NICU: outcomes and treatment patterns in term neonates admitted for intensive care during a ten-year period. *J Perinatol* 2009;29(7):497-503.
22. Lequer L. Extracorporeal life support in pediatric and neonatal critical care: A Review. *J Intensive Care Med* 2004; 19:243-58.
23. Segura S, Cambra FJ, Moreno M, Thio M, et al. ECMO: experiencia en edad pediátrica. *An Pediatr (BARC)* 2009; 70(1):12-19.

TABLA 3. Evolución de los pacientes

PT N°	SEXO	Días intern.	Edad ing.	PI ECMO	DIAG	Cirugía	IO	ECO SNC	PAP	HS ECMO	Evolución
1	F	17	1	2800	HDCI	PRE	40	N	S	216	†, 24 h post-descanulación, por hemorragia
2	M	7	1	3600	HDCI	NO	35	N	SS	162	†, suspensión hemorragia
3	F	91	72	5000	Bronquiolitis	NO	45	N	<S	288	buena
4	M	2	1	2250	HDCI	NO	64	N	S	20	†, suspensión ECMO, HIC IV
5	M	15	2	3000	HPPRN	NO	40	AN	SS	48	†, suspensión, HIC IV
6	F	2	45	4500	Coqueluche	NO	40	N	<S	32	†, suspensión. incremento HIC
7	M	9	3	2350	HDCI	NO	50	N	S	96	†, 24 h post descanulación hemorragia
8	M	38	1	3330	SALAM	NO	37	N	S	96	buena
9	M	103	1	3350	HDCI	PRE	41	N	SS	288	buena
10	M	126	1	3050	HDCD	POST	54	N	SS	175	buena
11	M	53	1	3550	HPPRN	NO	36	N	S	36	buena
12	M	61	1	2450	HDCD	POST	32	N	SS	120	buena
13	M	31	140	7000	Coqueluche	NO	40	N	<S	138	buena
14	F	6	1	2400	HDCI	NO	50	AN	S	70	†, suspensión incremento HIC
15	F	42	25	3500	Coqueluche	NO	40	N	S	336	buena
16	F	1	29	2820	SALAM	NO	40	N	S	95	buena
17	F	30	1	4000	SALAM	NO	54	N	S	72	buena

†: fallecido. SEXO: F: femenino; M: masculino. PI ECMO: peso ingreso a ECMO. DIAG.: diagnóstico pre ECMO. IO: índice de oxigenación. ECO SNC: ecografía sistema nervioso central. PAP: presión arteria pulmonar por ecocardiografía, <S= infrasistémica, S= sistémica y SS= suprasistémica. HS ECMO: duración del procedimiento. HDCI: hernia diafragmática congénita izquierda. HPPRN: hipertensión pulmonar persistente del recién nacido. SALAM: síndrome de aspiración de líquido amniótico meconial. HDCD: hernia diafragmática congénita derecha.