

Soporte vital extracorpóreo en adultos con insuficiencia respiratoria aguda refractaria

Vinko Tomicic,* Eduardo San Román,† Andrea Fuentealba,* Carlos Montalván,§ Sergio Giannasi,† Gabriel Iribarren,* Israel Guerrero,|| Juan Abarca,§ Javier Torres§

RESUMEN

Introducción: El soporte vital extracorpóreo (ECLS - por sus siglas en inglés *extra-corporeal life support*) se aplica exitosamente en neonatos con insuficiencia respiratoria aguda (IRA). Las dificultades técnicas, los costos y los resultados desalentadores confinaron a esta técnica como última estrategia en adultos. Nuestro objetivo es reportar nuestra experiencia con ECLS en adultos.

Material y métodos: Se analizaron pacientes adultos tratados con ECLS entre febrero de 2002 y enero de 2012. Se recolectaron variables demográficas y cardiopulmonares. Los datos son expresados como mediana (rango). Se analizaron las diferencias entre los pacientes afectados con IRA aislada y con síndrome cardiopulmonar por Hantavirus (SCPH) con test U de Mann Whitney y se consideró estadísticamente significativo un valor de $p < 0.05$.

Resultados: Se aplicó ECLS a 15 pacientes. Cinco venoarteriales (VA), siete venovenoso (VV) y tres asistencias pulmonares extracorpóreas sin bomba (P-ELA). Se describen variables demográficas, cardiopulmonares, diagnóstico, tiempo en ECLS y los desenlaces. Los días en ventilación mecánica (VM), la estadía en UCI y hospital fueron: 17 (4-49), 38 (4-93) y 46 (4-102) días respectivamente. Siete de los 15 pacientes fallecieron (47%). Dos pacientes murieron por shock séptico por bacilos Gram negativos después de un ECLS exitoso. La única diferencia estadísticamente significativa entre los pacientes con IRA aislada (ECLS-VV venovenosa o P-ELA) y los pacientes con SCPH (ECLS-VA venoarterial) fue el lactato al ingreso ($p < 0.05$).

Conclusión: ECLS es una estrategia útil como rescate de adultos con IRA refractaria a estrategias de VM avanzada. El progreso en los equipos y el uso de algoritmos en la toma de decisiones han contribuido a reducir la morbilidad.

Palabras clave: Membrana de oxigenación extracorpórea, síndrome de distrés respiratorio agudo, síndrome cardiopulmonar por Hantavirus, insuficiencia respiratoria.

SUMMARY

Introduction: *Extra-corporeal life support (ECLS) is an established technique for neonates with acute respiratory failure (ARF). Technical difficulties, expense and discouraging outcomes explains its confinement to a last resource tool for adults with ARF. Our objective is report the experience with adult ECLS in two hospitals.*

Material and methods: *All consecutive adult patients treated with different ECLS techniques from 2002 to 2012 were analyzed. Demographic and cardiopulmonary variables were collected. Data are expressed as median (range). The differences between patients affected with ARF isolated and patients with hantavirus cardiopulmonary syndrome was obtained with Mann Whitney U test and a value of $p < 0.05$ was considered statistically significant.*

Results: *Fifteen patients received ECLS. Five were veno-arterial (VA), 7 veno-venous (VV), and 3 pumpless extracorporeal lung assist (P-ELA). Demographic, cardiopulmonary variables, diagnosis, time on ECLS and outcome are described. Mechanical ventilation (MV), ICU and hospital stay were 17 (4-49), 38 (4-93) and 46 (4-102) days respectively. All patients who required VA-ECLS were affected for Hanta cardiopulmonary syndrome. Seven of fifteen patients died. Two out of five VA-ECLS suffered some degree of lower extremity (arterial cannulation) compartmental syndrome and a mild abnormal gait sequel affected them. Vascular accesses and bleeding were not a concern. Two patients died due to septic shock from gram negative bacilli after leaving ECLS.*

Conclusion: *ECLS for catastrophic ARF in adults is useful therapeutic option to rescue patients who do not respond to conventional MV strategies. The*

progress in technical devices, use an algorithm to medical decision making contribute to reducing morbidity and mortality.

Key words: *Extracorporeal membrane oxygenation, acute respiratory distress syndrome, hantavirus pulmonary syndrome, respiratory failure.*

RESUMO

Introdução: *O suporte de vida extracorpórea (ECLS) é usado com sucesso em neonatos com insuficiência respiratória aguda (IRA). As dificuldades técnicas, custos e resultados decepcionantes confinaram a esta técnica como última estratégia em adultos. Nossa objetivo é relatar nossa experiência com ECLS em adultos.*

Métodos: *Foram analisados pacientes adultos tratados com ECLS entre 2002 e 2012. Foram recolhidas as variáveis demográficas e cardiopulmonares. Os dados são expressos em mediana (desvio padrão). As diferenças entre os pacientes com IRA isolada e com síndrome cardiopulmonar por Hantavírus foi analisada com o teste U de Mann Whitney e foi considerou um valor estatisticamente significativo $p < 0.05$.*

Resultados: *Quinze pacientes receberam ECLS. Cinco veno-arteriais (VA), 7 veno-venosas (VV) e três assistências pulmonares extracorpóreas sem bomba (P-ELA). Se descrevem variáveis demográficas, cardiopulmonar, diagnóstico, tempo no ECLS e os resultados. Os dias de ventilação mecânica (VM), tempo no UTI e hospitalar foram: 17 (4-49), 38 (4-93) e 46 (4-102) dias respectivamente. Sete dos quinze pacientes morreram (47%). Dois pacientes morreram com choque séptico por bacilos gram negativos depois de um ECLS exitoso. A única diferença estatisticamente significativa entre os pacientes com IRA isolada (ECLS-VV ou P-ELA) e pacientes com SCPH (ECLS-VA) foi o lactato na admissão ($p < 0.05$).*

Conclusão: *O ECLS é uma estratégia útil como resgate de adultos com IRA refractária a estratégias de VM avançada. O progresso dos equipamentos e o uso de algoritmos na tomada de decisões têm ajudado a reduzir a morbilidade.*

Palavras-chave: *Membrana de oxigenação extracorpórea, síndrome da angústia respiratória aguda, síndrome pulmonar por hantavírus, insuficiência respiratória.*

INTRODUCCIÓN

La técnica ECLS es capaz de sustituir la función cardiorespiratoria en caso de insuficiencia respiratoria aguda (IRA) y/o circulatoria aguda graves refractarias a ventilación mecánica invasiva (VMI) y soporte hemodinámico avanzados.¹

El primer estudio multicéntrico prospectivo aleatorio que comparó ECLS frente a ventilación mecánica convencional mostró que con ambas técnicas la sobrevida fue de 10%; sin embargo, en dicho estudio predominaron los pacientes con neumonía viral por influenza, hubo escasa experiencia en los centros participantes y se observó exceso de sangrado durante el procedimiento.² Además, las estrategias ventilatorias no consideraron el concepto de protección pulmonar actual.³

Algunos grupos han logrado sobrevidas cercanas a 50%, lo que puede ser atribuido al perfeccionamiento de los circuitos extracorpóreos y a la redefinición de los criterios de selección de los pacientes.⁴ Destacan la implementación precoz de ECLS, es decir antes de que se instale el daño pulmonar inducido por ventilación me-

* Unidad de Cuidados Intensivos Médica Clínica Indisa, Santiago, Chile.

† Unidad de Cuidados Intensivos Hospital Italiano de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

§ Unidad de Cuidados Intensivos Clínica Alemana de Santiago, Facultad de Medicina Clínica Alemana-Universidad del Desarrollo, Santiago, Chile.

|| Unidad de Cuidados Intensivos Hospital San José Tec de Monterrey, Monterrey, México.

cánica (DPIV) y la inclusión de aquellos pacientes que padecen una enfermedad cardiopulmonar reversible.⁵

Recientemente se han publicado dos estudios multicéntricos, uno de ellos con pacientes con IRA por influenza A (H1N1)⁶ y otro con IRA de diferente etiología (CESAR).⁷ El primero (ANZ AH1N1) muestra una sobrevida hospitalaria de 47% y el segundo una sobrevida a seis meses de 63%. Ambos estudios han repositionado a esta técnica como alternativa para los pacientes que desarrollan IRA refractaria. Considerando lo anterior decidimos comunicar nuestra experiencia con el procedimiento.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizaron retrospectivamente todos los pacientes que ingresaron a la Unidad de Cuidados Intensivos de la Clínica Alemana de Santiago y del Hospital Italiano de Buenos Aires entre febrero de 2002 y enero de 2012 con diagnóstico de IRA e insuficiencia cardiopulmonar refractarias que recibieron ECLS. Se seleccionaron estos pacientes para aplicación de ECLS según un algoritmo de manejo acordado por ambas instituciones (Figura 1).

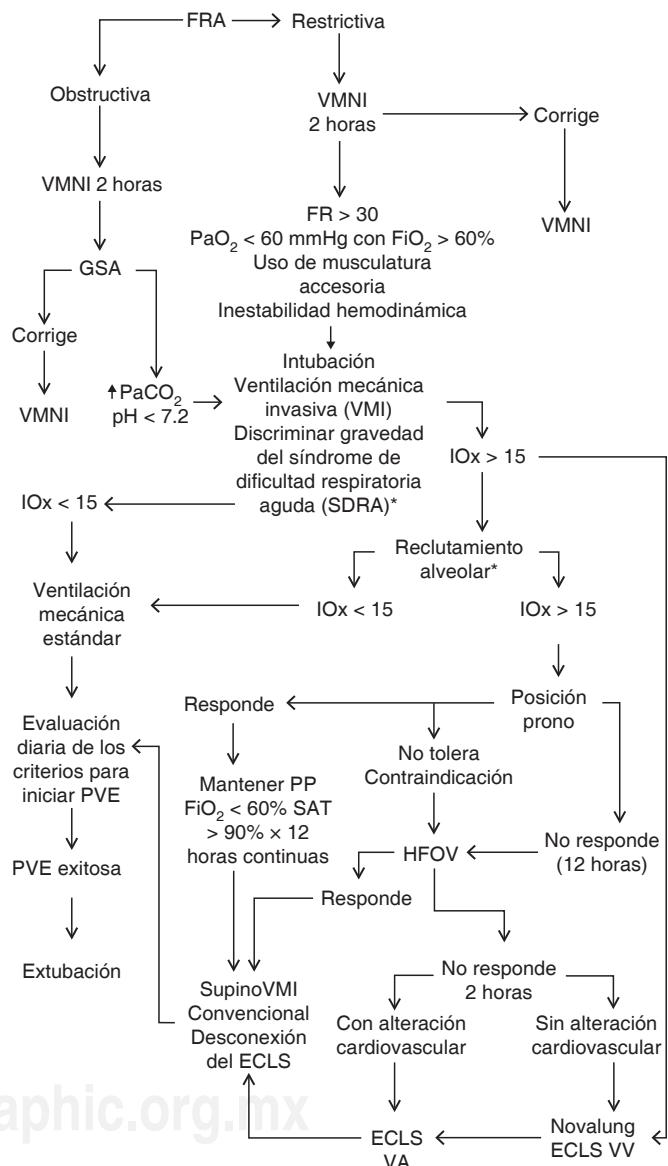
Una vez en VMI, se instituyó reanimación con fluidos hasta que la variación de la presión de pulso fuera < 10%.⁸⁻¹⁰ Se tomaron gases en sangre arterial y según el nivel de $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 > 0 \leq 150 \text{ mmHg}$ o índice de oxigenación > 0 ≤ 15 (PMA [presión media de vía aérea]^{*} $\text{FiO}_2 \times 100/\text{PaO}_2$)¹¹ se decidió continuar con VMI estándar¹² o iniciar reclutamiento pulmonar (RP) según sea el caso.^{13,14} Cuando el RP no fue efectivo¹⁵ o ante un deterioro en VMI estándar se utilizó posición prono (PP).

Los pacientes que no respondieron a ventilación mecánica en PP fueron conectados a ventilación de alta frecuencia oscilatoria (VAFO) en la que permanecieron por lo menos de dos a cuatro horas. Si no corrigieron la hipoxemia y/o la hipercapnia, fueron conectados a ECLS. Los enfermos que presentaban buena función sistólica fueron conectados a Novalung® (P-ELA: *pumpless-extracorporeal life assist*) o ECLS-VV^{16,17} y aquéllos con depresión miocárdica asociada fueron conectados a ECLS-VA.¹⁸ Se empleó bomba centrífuga magnética Sarns Delphin centrifugal pump Inc., 3M Health Care, Ann Arbor, MI, USA o Bio-pump Medtronic Bio-Medicus Inc., Eden Prairie, MN, USA. Las cánulas utilizadas fueron Biomedicus, Medtronic, Grand Rapids, MI, USA. Los datos son expresados como mediana (rango). Las diferencias entre los pacientes que utilizaron ECLS V-V y P-ELA versus ECLS V-A fueron obtenidas con *test U* de Mann Whitney y se consideró estadísticamente significativo un valor de $p < 0.05$.

Se solicitó consentimiento informado a todos los pacientes. Por ser un trabajo descriptivo que no incluye intervenciones en los pacientes no se solicitó evaluación al comité de ética.

RESULTADOS

Se aplicó ECLS a 15 pacientes, cinco recibieron ECLS-VA, siete ECLS-VV y tres P-ELA. Las variables demográficas, cardiopulmonares, diagnóstico, uso de drogas vasoactivas, técnicas utilizadas, tiempo en ECLS y los desenlaces se describen en el cuadro I. Todos los enfermos que requirieron ECLS-VA tuvieron diagnóstico



VMNI = Ventilación mecánica no invasiva; FR = Frecuencia respiratoria; PaO_2 = Presión arterial de oxígeno; FiO_2 = Fracción inspirada de oxígeno; IOx = Índice de oxigenación; PVE = Prueba de ventilación espontánea; HFOV = Ventilación con alta frecuencia oscilatoria; ECLS = Soporte vital extracorpóreo; VV = Venovenoso; VA = Venoarterial. * = Discriminar gravedad del SDRA y aplicar reclutamiento alveolar cuando aplica (Figura 2).

Figura 1. Algoritmo de manejo de la insuficiencia respiratoria aguda (IRA) en cada centro. Desde ventilación mecánica no invasiva (VMNI) hasta soporte extracorpóreo vital (ECLS).

Cuadro I. Pacientes con insuficiencia respiratoria aguda que requirieron ECLS.

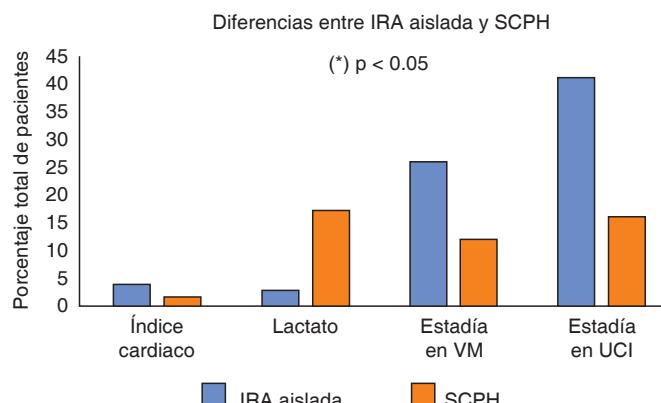
Diagnóstico	Edad	Género	APACHE II	LIS	PaO ₂ /FiO ₂	Índice cardiaco (L/min/m ²)	Lactato (mmol/L)	Estadía VM	Tiempo de ECLS	Estadía ICU	Estadía hospital	Método	Resultado
SCPH	24	Masculino	27	4	64	1.7	16.7	14	110	21	39	V-A	Vivo
SCPH	28	Masculino	21	3	91	2.0	11.1	27	50	93	102	V-A	Vivo
SCPH	38	Masculino	17	4	37	1.5	29.9	4	62	4	4	V-A	Muerto
SCPH	64	Femenino	20	2	57	1.7	18.8	12	72	16	29	V-A	Vivo
SCPH	19	Masculino	22	4	44	2.4	17.1	12	109	12	12	V-A	Muerto
NAC	34	Femenino	24	4	44	4.7	2.2	26	216	38	46	P-ELA	Vivo
*	42	Masculino	22	3	73	5.1	7.2	38	384	45	80	P-ELA	Vivo
NAC	58	Femenino	33	4	48	1.3	1.8	8	48	8	14	V-V	Muerto
NAC	42	Masculino	21	4	47	6.4	23.9	28	300	40	93	V-V	Vivo
NIH	35	Femenino	19	4	72	5.0	2.0	40	240	45	51	P-ELA	Muerto
Trauma	23	Masculino	24	3.5	51	-	2.7	8	96	8	8	V-V	Muerto
BPT	56	Femenino	13	3	52	3.2	8.9	10	96	42	71	V-V	Vivo
BPT	57	Femenino	22	3	137	3.3	6.3	19	192	71	71	V-V	Muerto
BPT	28	Femenino	2	-	112	2.4	2.5	49	48	64	78	V-V	Vivo
Sepsis/SDRA	23	Masculino	16	3.25	55	3.9	2.8	17	360	19	21	V-V	Muerto
Mediana (r)	37 (19-64)	60% M	22 (17-33)	4 (3-4)	53 (37-91)	2 (1.3-6.4)	7 (0.8-29.9)	20 (4-40)	110 (48-384)	30 (4-93)	43 (4-102)	-	53% vivo

SCPH = Síndrome cardiopulmonar por Hantavirus; NAC = Neumonía adquirida en la comunidad; NIH = Neumonía intrahospitalaria; BPT = Trasplante bipulmonar; APACHE II = *Acute physiology and chronic health evaluation II*; LIS = Lung Injury Score; SDRA = Síndrome de dificultad respiratoria aguda; VM = Ventilación mecánica; P-ELA = (*Pumpless-extracorporeal life assist*). Asistencia pulmonar extracorpórea sin bomba.

de síndrome cardiopulmonar por Hantavirus y cumplieron los criterios establecidos previamente.¹⁸ En estos pacientes la mediana rango del APACHE II,¹⁹ el índice cardiaco (IC), la PaO₂/FiO₂ y el lactato fueron: 21 (17-27) puntos; 1.7 (1.5-2.4) L/min/m²; 57 (37-91) mmHg y 17.1 (11.1-29.9) mMol/L, respectivamente. La estancia de VMI y ECLS fue: 12 (4-27) días y 72 (50-110) horas.

Los pacientes que se sometieron a ECLS-VV y P-ELA mostraron APACHE II de 21.5 (2-33) puntos, IC 3.9 (1.3-6.4) L/min/m², PaO₂/FiO₂ de 53.5 (44-137). La estancia de VMI y ECLS fue de 22.5 (8-49) días y 204 (48-360) horas. Las diferencias estadísticamente significativas entre los pacientes afectados con IRA aislada (ECLS-VV o P-ELA) y los pacientes afectados con SCPH (ECLS-VA) fueron: índice cardiaco [3.9 (1.3-6.4) versus 1.7 (1.5-2.4) L/min/m²] y lactato al ingreso [2.75 (1.8-23.9) versus 17.1 (16.7-29.9) mMol/L] ($p < 0.05$) (*Figura 2*). Del total de pacientes 67% presentaron IRA aislada y 23% insuficiencia cardiopulmonar.

Dos de los pacientes sometidos a ECLS-VA sufrieron algún grado de síndrome compartimental de la extremidad inferior, en la que se instaló la cánula arterial quedando una leve secuela en la marcha.^{20,21} Todos los pacientes que se sometieron a ECLS-VA presentaron algún grado de daño renal agudo (AKI) y recibieron hemofiltración venovenosa continua que fue instalada en el trayecto postoxigenador del circuito. De los sobrevivientes ninguno necesitó hemodiálisis crónica. Dos pacientes murieron por shock séptico por bacilos gram negativos después de haber sido desconectados exitosamente del ECLS. El funcionamiento de los oxigenadores, los circuitos y el sangrado no fueron un problema. La mortalidad hospitalaria fue de 47%.



IRA = Insuficiencia respiratoria aguda; SCPH = Síndrome cardiopulmonar por Hantavirus.

Figura 2. Diferencias entre IRA aislada y SCPH.

DISCUSIÓN

Nuestra serie reveló una supervivencia de 53% (8/15), resultados similares a los reportados en otras series (*Cuadro II*). En nuestro grupo se observó que ECLS es una alternativa para aquellos pacientes que cursan con IRA o insuficiencia cardiopulmonar potencialmente reversibles que, a pesar de las estrategias avanzadas de VMI y de optimizar la hemodinámica, son incapaces de superar la hipoxemia e hipercapnia y la depresión miocárdica.^{1,4}

El uso de esta técnica ha sido cuestionado debido a un estudio que mostró malos resultados,² además de ser una técnica costosa y difícil de implementar. Esta postura puede ser discutible considerando los estudios multicéntricos recientes.^{6,7} En Chile los datos

Cuadro II. Series de tratamiento con ECLS reportadas desde 1979 (20 o más pacientes).

Año	Diseño	Autor	Criterios Ingreso ECLS	Núm. de pacientes en ECLS	Supervivencia ECLS	Supervivencia No-ECLS
1979	RCT	Zapol*	PaO ₂ < 50, FiO ₂ = 1 Qs/Qt > 30%	90/42	10%	8%
1984	Prospectivo	Gattinoni	Criterios de Zapol	43/43	49%	NA
1990	Poco claro	Wagner	SDRA IV (Morel)	76/76	50%	NA
1994	RCT	Morris	Criterios de Zapol	40/21	33%	42%
1997	Retrospectivo	Peek	IRA con VM máxima	50/50	66%	NA
1997	Prospectivo	Lewandowski	Zapol modificados (EVLW > 15)	122/49	55%	89%
2000	Prospectivo	Mols	Similar a Zapol	245/62	55%	61%
2002	Poco claro	Frencikner	Similar a Zapol	38/38	66%	NA
2004	Retrospectivo	Hemmila	Similar a Zapol	280/280	52%	NA
2006	Retrospectivo	Cordell-Smith	IRA con VM máxima	28/28	71%	NA
2009	RCT	Peek	Murray > 3, pH < 7.20	180/68	62%	47.1%
2009	Retrospectivo	ANZ ECMO	IRA + A (H1N1)	68	71% (**)	NA

RCT = Estudio aleatorio controlado; (*) = Criterios de Zapol, (Cuadro III); (**) = Pacientes hospitalizados durante el análisis; Qs/Qt = Cortocircuito intrapulmonar; NA = No aplica. Aberegg SK. ECMO for *Respiratory Support in Adults*, Editor: Glenn Gravlee, Ed W&W, 2008.

sobre los resultados obtenidos con estas técnicas son escasos.²²⁻²⁵

Los sistemas con propulsión mecánica de la sangre ofrecen dos formas básicas de soporte: ECLS-VV (venovenosa) y ECLS-VA (venoarterial). En los enfermos que mostraron buena función sistólica se utilizó ECLS-VV, en quienes ambas cánulas se situaron en el compartimiento venoso próximas a la aurícula derecha, lo que logra saturaciones arteriales entre 80 y 85%, hecho que permitió reducir el soporte ventilatorio. Se utilizó esta forma en pacientes cuya función cardiaca es suficiente para suplir la perfusión tisular.^{24,26}

En los casos de SCPH (cinco) se empleó ECLS-VA, donde el cortocircuito ocurre entre el compartimiento venoso de retorno y la circulación arterial sistémica, por lo que sólo una parte del retorno venoso sistémico ingresa a la circulación pulmonar nativa, es decir a medida que se incrementa el flujo extracorpóreo se reduce proporcionalmente el flujo sanguíneo pulmonar (Cuadro III). Esta característica permite minimizar el cortocircuito intrapulmonar y reducir la presión arterial pulmonar, mecanismo que descomprime el ventrículo derecho. Al retornar sangre oxigenada a la circulación sistémica se eleva sustancialmente la PaO₂, lo que permite reducir de manera importante el soporte ventilatorio, hecho que sitúa esta técnica como método de elección en pacientes con disfunción cardiopulmonar, como fue el caso de nuestros pacientes con SCPH. Al existir un cortocircuito de derecha a izquierda con flujo continuo, la presión de pulso arterial carece de significado clínico y la presión arterial media (PAM) pasa a ser el principal parámetro de monitorización.^{27,28} El compromiso de la función renal se presentó en el contexto multifactorial del paciente crítico y como parte de la historia natural del SCPH.

En tres casos se utilizó el sistema P-ELA que permitió la remoción extracorpórea de CO₂ sin propulsión mecánica de la sangre. Estos pacientes fueron refractarios a

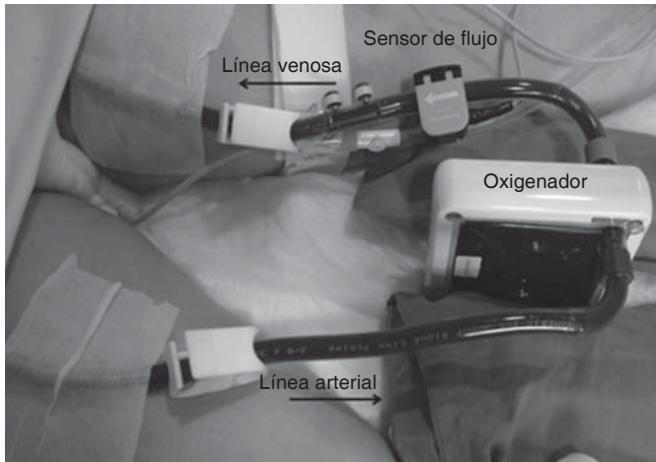
Cuadro III. Principales diferencias entre ECLS-VA y ECLS-VV.

Técnica	ECLS-VA	ECLS-VV
Meta PaO ₂	80-150 mmHg	45-80 mmHg
Indicador de oxigenación	SvO ₂ -PaO ₂	SaO ₂ , PaO ₂ , SjO ₂ , O ₂ premembrana
Efectos cardíacos	↓ Pre-carga- ↑ Post-carga, PVC variable, ↓ presión de pulso, atonamiento miocárdico	Efectos mínimos en la PVC, presión de pulso no afectada, ↓ post-carga de VD
Circulación pulmonar	Disminuida	No cambia
Soporte circulatorio	Parcial a completo	La F(x) cardiaca puede mejorar por ↑ de la oxigenación

SvO₂ = Saturación venosa de oxígeno; SaO₂ = Saturación arterial de oxígeno; PaO₂ = presión arterial de oxígeno; SjO₂ = Saturación de oxígeno en el bulbo yugular; PVC = Presión venosa central; VD = Ventrículo derecho; F(x) = Función *Extracorporeal Life Support* (vademécum) Ed Meyer D, Jessen M. Ed. LANDES Bioscience, Texas 2001.

maniobras de RP¹⁵ y para evitar que la presión meseta superara 30 cmH₂O se necesitaban VT inferiores (< 3 mL/kg) a los necesarios para mantener un pH ≥ 7.25. Con este sistema fue posible reducir la PaCO₂ entre 50 y 55% y optimizar el pH. Este dispositivo no requiere anticoagulación plena y el lumen de las cánulas es inferior a las utilizadas en ECLS-VV, lo que simplifica el manejo y reduce las complicaciones (Figura 3).^{16,24,26,29}

En este sistema la disposición de las fibras permite que la sangre fluya en condiciones de baja resistencia (gradiente ~ 15 mmHg), de modo que la PAM es la principal determinante del flujo sanguíneo (PAM ≥ 70 mmHg). Para un rendimiento óptimo se requiere que de 20 a 30% del gasto cardíaco circule por el intercambiador de gas; no obstante, la remoción extracorpórea de CO₂ es posible con un flujo sanguíneo de 10 a 15% del GC y un flujo de gas ≥ 5 L/min. A pesar de que la transferencia de CO₂ es superior, la PaO₂ también se incrementa durante las primeras 24 horas (alrededor de 20%).^{16,24,26}



P-ELA = (Pumpless-extracorporeal life assist). Asistencia pulmonar extracorpórea sin bomba.

Figura 3. Soporte vital extracorpóreo de oxigenación que no requiere propulsión mecánica de la sangre (sin bomba).

Las complicaciones más graves habitualmente se presentan con ECLS-VA. Dos de los pacientes afectados con SCPH presentaron problemas de irrigación de la extremidad donde estuvo la cánula arterial. Aquí los miembros inferiores afectados se reperfundieron por vía percutánea o quirúrgica con sangre postoxigenador, instalando un catéter (8Fr) hacia la arteria femoral distal y por vía percutánea retrógrada a través de la arteria tibial posterior.^{20,21} Las complicaciones han disminuido en general gracias a la introducción de membranas de polimetilpenteno, de circuitos cubiertos con heparina y con instalación quirúrgica de las cánulas a cargo de los cirujanos cardiovasculares.²⁸⁻³⁰

La disfunción cardíaca en los casos de IRA aislada dependió en gran medida de la acidosis metabólica producto de la hipoperfusión tisular, en la que ECLS-VV es la alternativa correcta. Sin embargo, cuando existe compromiso miocárdico directo como en nuestros casos de SCPH ($IC < 2.4 \text{ L/min/m}^2$), la técnica debe ser ECLS-VA. No obstante, hay que considerar en estos casos que el incremento exagerado del flujo extracorpóreo puede reducir el flujo coronario y favorecer el desarrollo de miocardio atontado.³¹

El objetivo final de la técnica ECLS es remover CO_2 y optimizar la oxigenación para lograr reducir el soporte ventilatorio y por tanto, el estrés mecánico en un pulmón con escasa capacidad de aireación (*babylung*).³²⁻³⁴ Si con FiO_2 de 0.8 aún se requiere incrementar el soporte ventilatorio (presiones meseta $> 30 \text{ cmH}_2\text{O}$ o presión motriz (presión meseta-PEEP) mayor de $16 \text{ cmH}_2\text{O}$)³⁵ para mantener el intercambio de gases, debe optarse precozmente por PP y/o VAFO.³⁶⁻⁴⁰ De no lograr mejoría en corto tiempo (de una a dos horas), hay que activar el equipo de ECLS, consider-

rando que mantener altas presiones en la vía aérea favorece el DPIV.^{32-34,41} El uso de un algoritmo de manejo progresivo de IRA mejora los resultados, ya que identifica de manera escalonada y precoz el fracaso de las técnicas de ventilación.⁴² El uso de VAFO, aunque es aún controversial (un estudio reciente mostró incremento de la mortalidad cuando se utiliza precozmente en pacientes con síndrome de estrés respiratorio agudo), los expertos deben considerarlo en cada caso.³⁸⁻⁴⁰ Estudios recientes revelan que el uso combinado de VM protectora ($\sim 3 \text{ mL/kg}$) con extracción extracorpórea de CO_2 tiene mejores resultados que el uso de VM protectora (6 mL/kg) por sí sola.⁴³

CONCLUSIÓN

Nuestros resultados demuestran que el método ECLS es una alternativa para pacientes con IRA refractaria o con SCPH en quienes han fracasado las técnicas extraordinarias de soporte ventilatorio y hemodinámico.

REFERENCIAS

1. Lewandowski K, Lohbrunner H, Lewandowski M, Falke K. *Outcome and follow-up of adults following extracorporeal life support*. In: Zwischenberger J, Steinhorn R and Bartlett R, ed. *Extracorporeal Cardiopulmonary support in critical care*. Second Edition, 2000, pp.531-562.
2. Zapol WM, Snider MT, Hill JD, Fallat RJ, Bartlett RH, Edmunds LH, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in severe acute respiratory failure: a randomized, prospective study. *JAMA*. 1979;242:2193-2196.
3. Acute Respiratory Distress Syndrome Network. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 2000;342:1301-1308.
4. Kolla S, Awad S, Rich P, Schreiner R, Hirschl R, Bartlett RH. Extracorporeal life support for 100 adult patients with severe respiratory failure. *Ann Surg*. 1997;226:544-566.
5. Pranikoff T, Hirschl RB, Steimle CN, Anderson HL 3rd, Bartlett RH. Mortality is directly related to the duration of mechanical ventilation before the initiation of extracorporeal life support for severe respiratory failure. *Crit Care Med*. 1997;25:28-32.
6. The australia and new zealand extracorporeal membrane oxygenation (ANZ ECMO) influenza investigator. Extracorporeal membrane oxygenation for 2009 influenza A (H1N1) acute respiratory distress syndrome. *JAMA*. 2009;302(17):1888-1895.
7. Peek GJ, Elbourne D, Mugford M, Tiruvoipati R, Wilson A, Allen E, et al. Randomised controlled trial and parallel economic evaluation of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR). *Health Technol Assess*. 2010;14(35):1-46.
8. Michard F, Boussat S, Chemla D, Anguel N, Mercat A, Carpentier Y, et al. Relation between respiratory changes in arterial pulse pressure and fluid responsiveness in septic patients with acute circulatory failure. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;162(1):134-138.
9. Rivers E, Nguyen B, Havstad S, Ressler J, Muzzin A, Knoblich B. Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock. *N Engl J Med*. 2001;345:1368-1377.
10. Michard F, Lopes MR, Auler JO JR. Pulse pressure variation: beyond the fluid management of patient with shock. *Crit Care*. 2007;11:131.
11. Ortiz RM, Cilley RE, Bartlett RH. Extracorporeal membrane oxygenation in pediatric respiratory failure. *Pediatric Clin North Am*. 1987;34:39-46.

12. Ferguson ND, Kacmarek RM, Chiche JD, Singh JM, Hallett DC, Mehta S, et al. Screening of ARDS patients using standardized ventilator settings: Influence of enrollment in a clinical trial. *Intensive Care Med.* 2004;30:1111-1116.
13. Valente BC. Lung recruitment maneuvers in acute respiratory distress syndrome and facilitating resolution. *Crit Care Med.* 2003;31(4 Suppl):S265-271.
14. Borges J, Okamoto V, Caramez M, Arantes PR, Barros F, Souza C, et al. Reversibility of lung collapse and hypoxemia in early ALI/ARDS: investigation of a "maximum-recruitment" strategy. *Am J Respir Crit Care Med.* 2006;174:268-278.
15. Musch G, Harris S, Vidal M, O'Neill K, Layfield J, Winkler T, et al. Mechanism by which a sustained inflation can worsen oxygenation in acute lung injury. *Anesthesiology.* 2004;100:323-330.
16. Reng M, Philipp A, Kaiser M, Pfeifer M, Gruene S, Schoelmerich J. Pumpless extracorporeal lung assist and adult respiratory distress syndrome. *Lancet.* 2000;356:219-220.
17. Pranikoff T, Hirschl RB, Remenapp R, Swaniker F, Bartlett RH. Venovenous extracorporeal life support via percutaneous cannulation in 94 patients. *Chest.* 1999;115:818-822.
18. Crowley MR, Katz RW, Kessler R, Simpson SQ, Levy H, Hallin GW, et al. Successful treatment of adults with severe Hantavirus pulmonary syndrome with extracorporeal membrane oxygenation. *Crit Care Med.* 1998;26(2):409-414.
19. Knaus WA, Draper EA, Wagner DP, Zimmerman JE. A severity of disease classification system. *Crit Care Med.* 1985;13(10):818-829.
20. Spurlock DJ, Toomasian JM, Romano MA, Cooley E, Bartlett RH, Haft JW. A simple technique to prevent limb ischemia during veno-arterial ECMO using the femoral artery: the posterior tibial approach. *Perfusion.* 2012;27(2):141-145.
21. Gander JW, Fisher JC, Reichstein AR, Gross ER, Aspelund G, Middlesworth W, et al. Limb ischemia after common femoral artery cannulation for venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: an unresolved problem. *J Pediatr Surg.* 2010;45(11):2136-2140.
22. Castillo L, Buggedo G, Hernández G, Montes JM, Ilic JP, Labarca E. Apoyo respiratorio extracorpóreo: experiencia en el tratamiento de la insuficiencia respiratoria severa. *Revista Médica de Chile.* 1996;124:45-26.
23. Díaz R. Ecmo y ecmo. Mobile. Soporte cardiorrespiratorio avanzado. *Rev Med Clin Condes.* 2011;22(3):377-387.
24. Tomicic V, Montalvan C, Espinoza M, Graf J, Martinez E, Umaña A y cols. Asistencia pulmonar extracorpórea sin bomba: una alternativa en el tratamiento del síndrome de distrés respiratorio agudo grave persistente. *Medicina Intensiva.* 2008;32(5):253-257.
25. Tomicic V, Espinoza M, Torres J, Abarca J, Montes JM, Luppi M y cols. Adición de un cortocircuito arterio-venoso durante el soporte vital extracorpóreo veno-arterial de un paciente con síndrome cardiopulmonar por Hantavirus. Caso clínico. *Rev Med Chile.* 2005;133:817-822.
26. Bein T, Frank W, Philipp A, Prasser Ch, Pfeifer M, Schmid FX, et al. A new pumpless extracorporeal interventional lung assist in critical hypoxemia/hypercapnia. *Crit Care Med.* 2006;34:1372-1377.
27. Dalton HJ. Extracorporeal life support in the new millennium: forging ahead or fading out? *New Horiz.* 1999;7:414-432.
28. Hines M, Fauza D, Wilson J. *ECMO: Hemodynamics, perfusion and blood volume.* In: Zwischenberger J, Steinhorn R Bartlett R, Extracorporeal cardiopulmonary support in critical care. Second Edition: Editorial Extracorporeal Life Support Organization, 2000;pp.97-112.
29. Tomicic V, Castillo L. Soporte extracorpóreo con membrana de oxigenación (ECMO). En Vial PA, Valdivieso F, Ferres M, ed. Manejo del paciente crítico con síndrome cardiopulmonar por hantavirus. Editorial Salesianos S.A., 2004;pp.75-83.
30. Rambaud J, Guilbert J, Guellec I, Renolleau S. A pilot study comparing two polymethylpentene extracorporeal membrane oxygenators. *Perfusion.* 2013;28(1):14-20.
31. Elso Guidelines for ECMO Centers Version 1.7, February 2010 www.elso.med.umich.edu
32. Marini JJ, Gattinoni L. Ventilatory management of acute respiratory distress syndrome: a consensus of two. *Crit Care Med.* 2004;32(1):250-255.
33. Nunn JF. *Elastic forces and lung volumes.* In: Nunn JF, editor. Nunn's applied respiratory physiology, 4th ed. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann; 1993;pp.36-60.
34. Gattinoni L, Pesenti A. The concept of "baby lung". *Intensive Care Med.* 2005;31:776-784.
35. Amato MB, Meade MO, Slutsky AS, Brochard L, Costa EL, Schoenfeld DA, et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2015;372:747-755.
36. Martínez O, Nin N, Esteban A. Evidencias de la posición en decúbito prono para el tratamiento del síndrome de distrés respiratorio agudo: una puesta al día. *Arch Bronconeumol.* 2009;45(6):291-296.
37. Guérin C, Reignier J, Richard J-C, Beuret P, Gacouin A, Boulain TH, et al. Prone positioning in severe acute respiratory distress syndrome. *New Engl J Med.* 2013;368:2159-2168.
38. Demory D, Michelet P, Arnal JM, Donati S, Forel JM, Gainnier M, et al. High-frequency oscillatory ventilation following prone positioning prevents a further impairment in oxygenation. *Crit Care Med.* 2007;35:106-111.
39. Ferguson ND, Cook DJ, Guyatt GH, Mehta S, Hand L, Austin P, et al. High-frequency oscillation in early acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2013;368:795-805.
40. Young D, Lamb SE, Shah S, Mackenzie I, Tunnicliffe W, Lall R, et al. Oscar study group high-frequency oscillation for acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2013;368:806-813.
41. Tomicic V, Fuentealba AA, Martínez E, Graf J, Batista B. Fundamentos de la ventilación mecánica en el síndrome de distrés respiratorio agudo. *Med Intensiva.* 2010;34:418-427.
42. Hemmila MR, Rowe SA, Boules TN, Miskulin J, McGillicuddy JW, Schuerer DJ, et al. Extracorporeal life support for severe acute respiratory distress syndrome in adults. *Ann Surg.* 2004;240:595-607.
43. Bein T, Weber-Carstens S, Goldmann A, Muller T, Staudinger T, Brederlau J, et al. Lower tidal volume strategy (~3 mL/kg) combined with extracorporeal CO₂ removal versus "conventional" protective ventilation (6 mL/kg) in severe ARDS. The prospective randomized Xtravent-Study. *Intensive Care Med.* 2013;39:847-856.

Correspondencia:

Vinko Tomicic Flores
Acueducto 2321
Peñalolén, 7941157,
Santiago, Chile.
E-mail: vtomicic@gmail.com