

# ECMO PEDIÁTRICO. UNA PUESTA AL DÍA

## PEDIATRIC ECMO UP TO DATE

Dr. Victor Monreal E.<sup>1</sup>, Dr Yuri Zuleta M.<sup>2</sup>, EU Ema Reyes S.<sup>3</sup>, EU Evelyn Palominos L.<sup>4</sup>

1. Pediatra experto en cuidados intensivos, Magister en Salud Pública, Clínica Indisa

2. Pediatra experto en cuidados intensivos. Clínica Indisa, Hospital Roberto del Río

3. Enfermera, Magister en Salud Pública. Clínica Indisa

4. Enfermera docente de University of Technology Sydney

### ABSTRACT

Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) is an ever more available technique for reversible catastrophic heart or pulmonary failure that requires permanent training and actualization. This article reviews inclusion criteria, basic concepts, anticoagulation management, use of vasoactive drugs, respiratory support, laboratory tests and weaning.

An up to date and easy to use reference material we hope will facilitate the study and implementation of ECMO in centers that are, or look to be, providers. The authors have made an exhaustive review of published literature and have also referenced the Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) guidelines.

**Keywords:** extracorporeal membrane oxygenation, respiratory insufficiency.

### RESUMEN

La oxigenación de membrana extracorpórea (ECMO) es una técnica indicada para falla cardíaca y/o pulmonar catastrófica de etiología recuperable, cada vez más disponible, lo que hace necesario que los prestadores de cuidados intensivos estén actualizados en esta técnica. Este artículo repasa conceptos, criterios de inclusión, manejo de anticoagulación, uso de drogas vasoactivas, apoyo ventilatorio, exámenes paraclínicos y destete de la asistencia.

El tener una referencia actualizada, fácil y concreta facilita el estudio e implementación de ECMO en centros que van a disponer del mismo o que ya la están desarrollando. Los autores hicieron una revisión exhaustiva de la literatura publicada y de la normativa internacional disponible de la Organización del soporte de vida extracorpórea (ELSO por su sigla en inglés Extracorporeal Life Support Organization).

**Palabras clave:** oxigenación de membrana extracorpórea , insuficiencia respiratoria.

### INTRODUCCIÓN

La ECMO o ECLS (Extracorporeal Life Support) es una terapia que utiliza un "bypass" cardiopulmonar parcial (ECMO veno arterial) o un circuito pulmonar en serie (ECMO veno venoso) para dar soporte cardíaco y/o pulmonar por un tiempo (comúnmente de 1 a 4 semanas). Esta terapia proporciona tiempo para descanso pulmonar y/o cardíaco y con ello la posibilidad de recuperación (1). Se desarrolló a principios de la década de los setenta desde la técnica de circulación extracorpórea (CEC) utilizada en cardiocirugía (2). Se indica a pacientes adultos, pediátricos y neonatales con falla respiratoria y/o cardíaca graves, potencialmente reversibles, que no responden a terapia convencional (3).

Básicamente consiste en reemplazar la función del corazón y/o pulmón de forma transitoria a través de un circuito extracorpóreo, con una bomba que propulsa la sangre a través de una membrana que intercambia gases antes de regresar al paciente (Figura 1) (1).

### Correspondencia:

Dr. Victor Monreal

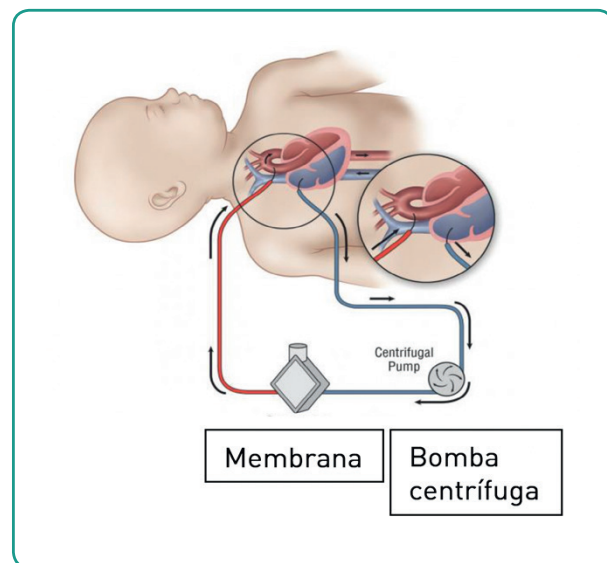
victor.monreal@indisa.cl

UPC Clínica Indisa.

Avenida Santa maría 1810. Providencia, Santiago de Chile.

Teléfono: (562) 27915621.

**Figura 1.** esquema del mecanismo básico de la ECMO. Circuito veno-arterial extracorpóreo que reemplaza la función del corazón y/o pulmón, con una bomba centrífuga que propulsa la sangre a través de una membrana que intercambia gases antes de regresar al paciente



El acceso a la vasculatura del paciente se hace a través de una cánula o catéter que se instala directamente en un vaso sanguíneo para la terapia ECMO. Lleva la sangre hacia el circuito ECMO (línea venosa) y devolverla hacia el paciente (línea arterial o de retorno) ya sea al sistema arterial (para soporte cardiocirculatorio y/o respiratorio) o venoso (para soporte respiratorio puro).

La evolución de técnicas y de los materiales que se utilizan en ECMO, asociado a la experiencia multicéntrica internacional, registrada por organismos como la ELSO, han permitido cambiar el paradigma de una terapia que hace unas décadas presentaba una sobrevida entre el 30 y 50% (según edad y patología) y reservada para pacientes con más del 80% de posibilidad de fallecer (3). Hoy estamos frente a una situación con mejor sobrevida, que permite incluso indicaciones semi electivas que antes se intentaban resolver en CEC clásico, como por ejemplo cirugías complejas de vía aérea. Actualmente la ELSO reporta una sobrevida en ECMO mayor al 60% en pacientes pediátricos canulados por cualquier causa, incluyendo ECMO para asistir paro cardio respiratorio (EPCR). La sobrevida al alta, para ECMO pediátrico por causa cardíaca, pulmonar y EPCR es del 52%, 58% y 42% respectivamente (3).

No existen estudios randomizados controlados (RCTs) en ECMO pediátrico. En ECMO aplicado al SDRA (Síndrome de Distres Respiratorio del Adulto, ARDS por su sigla en inglés Acute Respiratory Distress Syndrome) se han publicado estudios multicéntricos como el CESAR (por su sigla en inglés conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for ARDS) y el EOLIA (Rescue Lung Injury in Severe ARDS), los cuales no tienen el poder suficiente para responder la pregunta si la ECMO es superior a la terapia convencional en estos pacientes (29, 30)

La presente revisión pretende servir de referencia para el manejo de pacientes sometidos a ECMO, orientado a profesionales de la salud del área pediátrica, de acuerdo a recomendaciones entregadas principalmente por la ELSO (3).

## OBJETIVOS

### General

- Entregar una guía para el manejo de pacientes en ECMO en una Unidad de Paciente Crítico (UPC) pediátrico.

### Específicos

- Establecer los criterios de inclusión y exclusión para la terapia ECMO
- Definir los conceptos claves utilizados en la terapia ECMO
- Ilustrar los componentes básicos del circuito ECMO
- Describir el procedimiento de canulación con sus distintos tipos de técnicas
- Establecer el manejo de la terapia ECMO en relación al paciente y al circuito
- Definir rol y estrategias asociadas a complicaciones mecánicas de la terapia ECMO
- Establecer la rutina de exámenes en pacientes sometidos a

terapia ECMO

- Determinar el manejo de enfermería en pacientes sometidos a terapia ECMO.
- Establecer los criterios para realizar el weaning en ECMO.

## CRITERIOS DE INCLUSIÓN

La terapia ECMO está indicada para casos seleccionados de pacientes con falla cardíaca y/o respiratoria, potencialmente reversibles y que no han respondido al manejo convencional. Estos criterios "clásicos" están en revisión actualmente, la tendencia es a ser más inclusivo, dada la mayor experiencia internacional y la mejor sobrevida reportada. Se recomienda identificar y conectar precozmente al candidato y lograr así mejores resultados, antes de que tiempos prolongados de ventilación mecánica, el uso de parámetros ventilatorios nocivos o dosis altas de drogas vasoactivas (DVA) comprometan su pronóstico, pero sin conectar y exponer a morbi-mortalidad a pacientes que se pueden manejar de forma convencional (1,3). Ante esta dificultad, en especial para centros con menos experiencia, se describen los siguientes criterios de inclusión en pacientes pediátricos (29 días a 15 años) (3):

- Significativo riesgo de morir en terapia convencional
- Significativo riesgo de secuelas funcionales en terapia convencional
- SDRA e índice de oxigenación mayor a 40 por 6 horas en ventilación mecánica (VM) o ventilación de alta frecuencia oscilatoria (VAFO)
- SDRA con índice de oxigenación mayor a 35 por 12 horas
- SDRA con hipercapnia mantenida por 6 horas con pH menor a 7,1
- SDRA con menos de 15 días de VMI (relativo)
- Imposibilidad de mantener VMI con parámetros ventilatorios "protectores", según definición de PALICC (por su sigla en inglés, The Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference Group) (6)
- Falla cardíaca post cardio-cirugía que no logra salir de CEC
- Paro cardíaco intrahospitalario presenciado y recuperado, pero inestable y de causa reversible
- Paro cardio respiratorio refractario, presenciado, bien asistido y de causa reversible
- Falla miocárdica recuperable, por miocarditis u otras miocardiopatías infecciosas o tóxicas
- Puente para trasplante cardíaco o pulmonar
- Condición pulmonar y /o cardíaca reversible
- Procuramiento, como puente a donación de órganos.
- Pacientes seleccionados para apoyo ECMO electivo en situaciones médico quirúrgicas excepcionales y limitadas para fines terapéuticos específicos. Por ejemplo cirugía de tórax.

## CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

La mayoría de los criterios de exclusión son relativos, por lo que es necesario que el equipo evalúe los riesgos y

potenciales beneficios de llevar a cabo la terapia ECMO. Entre los criterios de exclusión para pacientes pediátricos se encuentran algunos definidos por patologías de base o estados de comorbilidad, otros porque algunas patologías sometidas a ECMO han dado malos resultados en registros internacionales como la Bordetellosis severa (3). Los criterios de exclusión son:

- Daño neurológico severo irreversible
- Genopatía (Excepto trisomía 21)
- Falla orgánica múltiple sin recuperación
- Bordetellosis severa
- Coagulación intravascular diseminada severa
- Trastorno hemorrágico severo
- Inmunosupresión severa
- Falla hepática terminal/crónica
- Falla renal terminal.
- Hipertensión pulmonar irreversible (primaria o no)
- Hemorragia intra-craneana masiva
- SDRA con más de 14 días de VMI y/o parámetros ventilatorios "no protectores" (relativo)

## MODOS DE ECMO

### 1.- ECMO veno-venoso (VV)

Está indicado para el soporte de la falla respiratoria, con función cardíaca adecuada con o sin inótrópicos. Generalmente se drena sangre desde la vena femoral y se devuelve oxigenada a la aurícula derecha vía yugular derecha (Figura 2, A))

### 2-ECMO VV con cánula de doble lumen

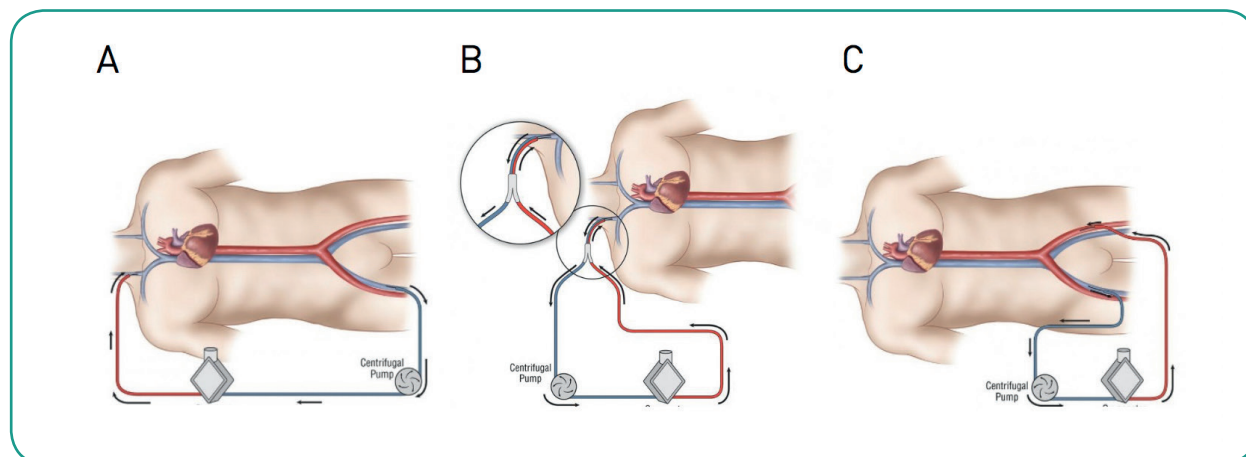
Indicado para el soporte de la falla respiratoria, con función cardíaca adecuada con o sin inótrópicos. Se utiliza una cánula de doble lumen insertada vía yugular derecha, por un lumen la sangre es drenada desde la vena cava superior (VCS) e inferior (VCI), pasa por el oxigenador y es devuelta por el otro lumen a la aurícula derecha para seguir por válvula tricúspide. Da más independencia al paciente para rehabilitación y tiene un acceso central menos (Figura 2, B).

### 3.- ECMO veno-arterial (VA)

Permite soporte en falla cardíaca severa. Sin embargo, el ECMO VA puede proporcionar soporte tanto pulmonar como cardíaco. La sangre es drenada desde la aurícula derecha vía vena yugular interna derecha, vena femoral o directamente de la aurícula derecha (VA central) y es retornada, a través de una cánula carotídea derecha, femoral o aórtica (Figura 2, C).

**Figura 2.** Esquemas de 3 tipos de ECMO.

**A: ECMO veno-venoso (VV)** se drena sangre desde la vena femoral y se devuelve oxigenada a la aurícula derecha vía yugular derecha.  
**B: ECMO veno-venoso doble lumen**, cánula de doble lumen insertada vía yugular derecha, por un lumen la sangre es drenada desde la vena cava superior (VCS) e inferior (VCI), pasa por el oxigenador y es devuelta por el otro lumen a la aurícula derecha.  
**C: ECMO veno-arterial (VA)**, la sangre es drenada desde la vena femoral y es retornada, a través de una cánula femoral.



## DEFINICIONES DE LA MONITORIZACIÓN BÁSICA

Presión inlet: presión negativa de entrada al circuito o de la línea venosa. En pacientes pediátricos es de 0 a -40 mmHg, en adultos de 0 a -80 mmHg. Refleja pre carga y resistencia al

flujo de entrada al circuito. Está sujeta además a cambios en presiones intratorácicas.

Presión outlet: Refleja post carga y está determinada por la cánula arterial o de retorno y las resistencias vasculares del paciente.

## INSTALACIÓN DE CÁNULA PARA ECMO E INICIO DE SOPORTE

Se realiza en la unidad de cuidados intensivos o en pabellón, con técnica estéril. El paciente debe estar bajo sedoanalgesia y relajación muscular. Hay técnicas para canulación tanto veno arterial, veno-venosa y central.

Una vez canulado el paciente se iniciará la asistencia hasta conseguir el soporte completo o suficiente para la estabilización del paciente. El soporte completo en general es equivalente al gasto cardiaco en ECMO VA, considerando que en situaciones de demanda metabólica elevada y/o de vasoplegia pueda requerir flujo más alto. Se determinarán las revoluciones necesarias de la bomba para el flujo requerido en condiciones de pre y post carga óptimas. Este va a depender fundamentalmente de la volemicación, la resistencia dada por la cánula venosa y presión outlet de la unidad circuito/paciente (3). Al iniciar la asistencia puede requerir de volemicación significativa, proporcional al SIRS (Síndrome de Respuesta Inflamatoria Sistémica, por su sigla en inglés Sistemyc Inflammatory Response Syndrome) que se genera por el contacto con el circuito nuevo, mediado por citoquinas, con aumento de reactantes de fase aguda y permeabilidad capilar aumentada (7)

En ECMO VV los flujos de inicio son similares, pero se debe considerar que la bomba nativa (corazón) se debe hacer cargo del flujo ECMO a través de un gasto cardiaco equivalente e incluso un poco mayor al flujo del ECMO, para evitar sobrecarga derecha.

## MANEJO DE LA TERAPIA ECMO RELACIONADO CON EL PACIENTE

### Anticoagulación

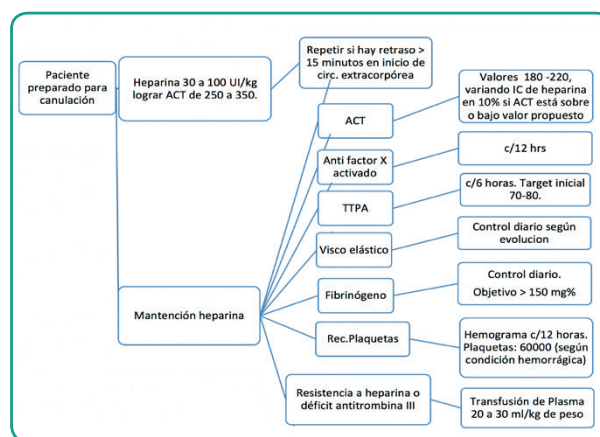
Para el buen funcionamiento de la unidad circuito paciente es necesario tener presente que su hemostasia debe mantenerse en un difícil pero necesario equilibrio y debe ser cuidadosamente monitorizada (Figura 3). Esta hemostasia se altera al tomar contacto la sangre con el circuito ECMO. Superficies biocompatibles pueden disminuir la morbimortalidad asociada a este desequilibrio pro inflamatorio, pro coagulante, pro trombótico y agregante plaquetario, el que se busca manejar tradicionalmente con heparina (8). Además, paralelamente hay coagulopatía por consumo (8). Monitorizar y controlar la hemostasia va ser necesario para evitar complicaciones asociadas en el paciente (hemorragias y fenómenos tromboembólicos) y en el equipo (disfunción del oxigenador y fracaso del soporte). Los accidentes cerebro vasculares (ACV) son frecuentes en pacientes en ECMO (8).

Para controlar la hemostasia se iniciará una bomba de infusión continua de heparina a dosis de 10-20 U/kg/hora una vez que el ACT (tiempo de coagulación activado) durante canulación baje de 250 segundos. Su dosis se regulará según monitoreo disponible: (ACT), actividad de heparina (anti factor X activado), tiempo parcial de tromboplastina activada (TTPA) y estudio visco elástico. Este estudio (tromboelastograma) no está ampliamente disponible, se puede solicitar en casos especiales

o momentos seleccionados en la evolución del paciente ECMO. Por ser un examen funcional determina la necesidad real de transfusiones.

Cuando se sospecha resistencia a la heparina por déficit de antitrombina III (AT-III), se buscará reponerla en forma directa o con transfusión de dosis altas de Plasma (30 ml/kg de peso). Fenómenos de resistencia a dosis altas de heparina (>40 UI/k/h) refractarias a reposición de AT-III se deben documentar y considerar plasmaféresis o cambio de circuito y uso de alternativas en la anticoagulación (9).

**Figura 3.** Flujo para el control de la anticoagulación en el paciente en ECMO. ACT: tiempo de coagulación activado, TTPA: tiempo parcial de tromboplastina activada. IC: infusión continua.



### Ventilación mecánica

Dependiendo de la evolución y de la patología de base. En el caso de SDRA y por ende con necesidad de reposo pulmonar, se utilizarán parámetros ventilatorios mínimos y FiO2 ambiental. Se debe considerar la posibilidad de injuria pulmonar inducida por ventilador (VILI) aún con parámetros ventilatorios bajos. En general se enfatiza la intención de evitar el estrés y estiramiento (strain) alveolar, cuidando de no generar presiones transpulmonares elevadas, lo que puede implicar volúmenes corrientes tan bajos como 2 ml/k y estar ventilando espacio muerto (colapso alveolar) (10, 11, 12).

Durante la evolución del paciente se puede permitir ventilación participativa a medida que el pulmón se vaya abriendo, permitiendo mayores volúmenes corrientes sin aumentar la presión de distensión (driving pressure), y eventualmente participación en intercambio gaseoso (10). También existen experiencias publicadas de ECMO extubado (sin VMI), que son alentadores en situaciones de estabilidad y en espera de recuperación de patología de base (13)

### Fibrobroncoscopia (FBC) en ECMO

No existe evidencia de beneficio, pero se puede hacer FBC al inicio del reposo pulmonar (primeras 24 horas de canulación). Se realizará higiene pulmonar por FBC a intervalos

determinados por indicación de equipo tratante y se tomará en cuenta para búsqueda etiológica (14, 15, 16).

**Kinesioterapia respiratoria en ECMO**

Dado el colapso pulmonar y la estrategia ventilatoria de protección pulmonar que implica volúmenes bajos, se pueden observar acumulación de secreciones y desreclutamiento pulmonar. En general se recomienda realizar kinesioterapia respiratoria a todo paciente en ECMO. Se busca mejorar la relación V/Q, permeabilizar la vía aérea, revertir atelectasias y mejorar el reclutamiento pulmonar. Se debe tomar en cuenta la condición hemostásica para la indicación.

**Drogas vasoactivas (figura 4)**

El paciente en soporte ECMO VA estable requiere de mínimo apoyo vasoactivo. Al ser el ECMO la bomba de la unidad paciente circuito y no el corazón, no va a requerir de apoyo inótropo. En casos de hipertensión pulmonar o disfunción diastólica se podrá apoyar con milrinona.

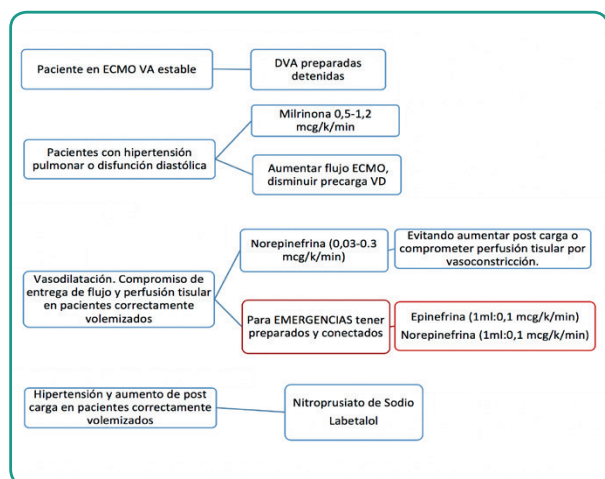
En ECMO VA es frecuente una hipertensión arterial (HTA) refleja, multicausal, que se debe manejar para controlar la post carga del ECMO y evitar riesgo de ACV. Se dispone de variedad de fármacos, en general se inicia manejo con infusión continua de vasodilatador (Nitroprusiato de Sodio).

El paciente en soporte VV en cambio va a requerir de competencia de bomba nativa, para lo cual puede requerir de inótropos si esta está comprometida.

Si existe compromiso vasotónico sistémico (shock distributivo), puede ser compensado en primera instancia por el ECMO aumentando el flujo, para luego apoyar con vasoactivos y manejo de vasoplegia si se requiere.

Algunos protocolos recomiendan disponer de bombas de infusión de epinefrina y norepinefrina preparadas y conectadas a catéter venoso central para emergencias.

**Figura 4.** Manejo de drogas vasoactivas en pacientes en ECMO VA, DVA: drogas vasoactivas, VD: ventrículo derecho.



**COMPLICACIONES MECÁNICAS EN ECMO**

Pueden deberse a falla o rotura de las cánulas, falla de la bomba, el oxigenador, el intercambiador de calor, rotura del circuito, embolismo aéreo y trombosis. Las conductas que deben adoptarse en algunas de estas situaciones se definen en la tabla 1.

**Tabla 1.** resumen de los pasos a seguir en caso de fallas mecánicas del sistema ECMO Manejo ante problemas del sistema ECMO. **RCP:** reanimación cardio pulmonar, **VMI:** ventilación mecánica invasiva, **RPM:** revoluciones por minuto

<p><b>1. Falla de Bomba</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Clampear línea arterial y línea venosa</li> <li>Asistir al paciente con drogas y/o maniobras RCP</li> <li>Dar parámetros de VMI de emergencia pre determinados o ambuqueo</li> <li>Usar manilla y bomba manual de emergencia</li> <li>Desclampear</li> <li>Fijar a la RPM que estaba funcionando la consola</li> <li>Avisar a perfusionista. Recuperar o reemplazar bomba.</li> </ul>
<p><b>2. Bajo flujo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Observar tubuladura por posible cavitación u obstrucción (acodamiento).</li> <li>Observar presiones inlet, outlet y transmembrana.</li> <li>Bajar RPM.</li> <li>Si hay obstrucción desacodar línea.</li> <li>Si hay cavitación volemizar hasta recuperar inlet.</li> <li>Si se asocia a movimientos del paciente sedar o relajar.</li> <li>Aumentar RPM de la consola hasta llegar a flujo requerido.</li> </ul>
<p><b>3. Desconexión o rotura de tubuladuras</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Clampear líneas arterial y venosas próximo al paciente.</li> <li>Clampear tubuladura en sitio de desconexión o rotura sistema.</li> <li>Activar alarma de emergencia.</li> <li>Asistir al paciente con drogas y/o maniobras RCP</li> <li>Dar parámetros de VMI de emergencia pre determinados o ambuqueo</li> <li>Parar bomba.</li> <li>Avisar a Perfusionista. Cambio de todo o una parte del circuito.</li> </ul>
<p><b>4. Falla oxigenador</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Disminución PaO2 del oxigenador de 200mmHg, en mediciones seriadas</li> <li>Si el paciente desatura, aumentar parámetros de la VMI con FiO2 100%</li> <li>Evaluar PCO2 con flujo de gases a 11 l/min (o máximo del blender)</li> <li>Observar delta de presión transmembrana mayor 120 mmHg</li> <li>Avisar a Perfusionista. Cambiar el oxigenador</li> </ul>
<p><b>5. Entrada de aire al sistema</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Clampear entrada y salida del sistema al paciente</li> <li>Clampear intentando aislar aire en una porción del circuito</li> <li>Disminuir RPM a 1000</li> <li>Ajustar parámetros de VMI a parámetros de emergencia con O2 100%</li> <li>Soporte Cardiorrespiratorio, según corresponda</li> <li>Avisar a Perfusionista.</li> <li>Cebarr las líneas de la porción del circuito afectado, eliminando el aire.</li> </ul>

**APOYO NUTRICIONAL (TABLA 2)**

La terapia ECMO se usa con el objetivo de mejorar la entrega de oxígeno a los tejidos y la remoción de dióxido de carbono en pacientes críticamente enfermos, que padecen insuficiencia cardiaca o respiratoria (17). El soporte nutricional es uno de los problemas a afrontar ya que presenta un estado de actividad metabólica variable y evolutiva (18).

El inicio de la alimentación debe ser siempre precoz y de preferencia por vía enteral. Estará instalada, previo al inicio de la terapia ECMO, una sonda de alimentación, de preferencia nasoyeyunal (19). En caso de no poder usar el intestino, usar nutrición parenteral. Se debe considerar la instalación de accesos vasculares centrales previo a la conexión ECMO.

**Tabla 2.** Valores del aporte nutricional al ingreso y durante la estabilización. HC: hidrato de carbono. RN: recién nacido.

Etapa de desarrollo	Kcal/kg/día
Lactante	40 a 80 Kcal/kg/día
Preescolar	30 a 60 Kcal/kg/día
Escolar	10 a 50 Kcal/kg/día

Valores	
P%	14/16 - 20/25 [críticamente enfermo: gran quemado, trauma]
HC	5%
Lípidos	30 -35%
Oligoelementos	1 ampolla cada 5 - 7 días
Fósforo	RN 60mg/kg, lactantes y niños 20-30 mg/kg, adolescentes 20 mg/kg
Na	2-4 mEq/kg
K+	2-3 mEq/kg
Magnesio	0,25-0,50 mEq/kg
Zinc	10 - 15 mg día
Vitamina C	75 mg/Kg/día por 3-5 días
Vitamina D	400-800 Und

## EXÁMENES DE IMÁGENES Y SANGUÍNEOS DE RUTINA PARA CONTROLAR AL PACIENTE EN ECMO

### Estudios de imágenes (20):

- Radiografía de Tórax diaria para evaluar posición de cánulas y evolución cardiopulmonar.
- Ecografía cerebral seriada en lactantes menores.
- Ecocardiografía seriada
- Tomografía cerebral, se podrá solicitar pre canulación para demostrar indemnidad del Sistema nervioso central (SNC) y descartar contraindicación al ECMO. Durante el curso del soporte si hay duda de integridad del SNC y para la toma de decisiones en especial frente a la continuidad del soporte.

### Exámenes de sangre de la unidad circuito paciente:

- Gases del paciente a horario, de preferencia al lado de su cama, hasta estabilizar.
- ACT horario hasta estabilizar anticoagulación y requerimiento de heparina, luego c/4 a 8 horas.
- Gases pre y post oxigenador diarios.
- Control diario hematológico y de coagulación (incluyendo hemolítico), de función multiorgánica (renal, hepático, etc.) y tóxico (uso de nitratos y metahemoglobinemia).
- Además de los exámenes determinados por el médico residente fuera de protocolo.

Por indicación médica se podrá solicitar estudio

viscoelástico para optimizar diagnóstico hemostático y terapia transfusional.

## DESTETE DE ECMO

Comienza cuando se comprueba mejoría radiológica y funcional del órgano en recuperación, hacia un patrón considerado suficiente para manejo de UPC (VM, DVA, iNO etc. según se requiere).

Primer Paso: iniciando transición a flujo mínimo

- Reducir gradual y escalonadamente el flujo sanguíneo evitando ectasia del circuito. Para esto puede ser necesario usar un puente AV en el circuito para pacientes pequeños.
- Evaluación clínica y/o de laboratorio por cada disminución del flujo.
- La velocidad y tiempo en que se realiza este proceso la determina finalmente la respuesta clínica que vaya mostrando el propio paciente a los cambios.
- Reducción en FiO2 y flujo de aire por ECMO en cuanto se observa mejoría en función del paciente, con apoyo ventilatorio y de FiO2 moderados.
- Se puede hacer un último paso (Trial off) clampeando líneas/cánulas, efectivamente interrumpiendo soporte y evaluando respuesta hemodinámica, ecocardiográfica y/o ventilatoria. Esta reducción total o cuasi total no se puede mantener más de 15 minutos por riesgo de coagulación de cánulas y pérdida irreversible de asistencia. Se comprueba suficiencia sin flujo o a flujo mínimo y se vuelve a escalón previo. Este último paso no es necesario en ECMO VV.

Se considera que el paciente no toleró el ensayo de salida, si una vez realizado el clampeo se observa caída de la saturometría, presión arterial y/o caída de la frecuencia cardiaca. En tal caso, la conducta será volver a desclampear restablecer circulación de ECMO.

## RETIRO DE CÁNULAS

Se retirarán las cánulas una vez terminado el soporte. Se evaluará la reconstrucción de los vasos o la ligadura de los mismos, que va a depender del estado de los vasos sanguíneos, grado de manipulación previa, y duración de la terapia ECMO (suelen no ser reparables después de 5 días).

## CONCLUSIONES

La posibilidad de canular y mantener exitosamente a un paciente en ECMO de cualquier configuración hasta su destete, es una realidad reciente para las UPC pediátricas de diversa experiencia y complejidad. No existe un protocolo definido universal para la aplicación de esta técnica, pero si creemos que cada centro debe forjar su propia experiencia y dejarla plasmada en su organización interna, protocolizada y reevaluada periódicamente en beneficio de los procesos para generar los mejores resultados para nuestros pacientes. Fundamental también es compartir la experiencia vivida, tanto positiva como negativa, para que este desarrollo se reproduzca

en diferentes centros, más allá de los cambios en política de salud que puedan imperar.

*Conflicto de interés: Los autores declaran no tener conflicto de interés.*

## REFERENCIAS

- Kattan S J, González M Á, Castillo M. Oxigenación con membrana extracorpórea neonatal-pediátrica. *Revista chilena de pediatría*. 2013;84:367-78.
- Kattan S J, González M A, Becker R P, Rodríguez C JI, Estay N A, Faunes P M, et al. Oxigenación con membrana extracorpórea en pacientes pediátricos: Comunicación de los 3 primeros casos tratados. *Revista médica de Chile*. 2005;133:1065-70.
- ELSO. General Guidelines for all ECLS Cases.2013. Available from: <https://www.else.org/Portals/0/IGD/Archive/FileManager/929122ae88cusersshyerdocumentselsoguidelinesgeneralalleclsversion1.3.pdf>
- Peek G, Mugofrd M, Tiruvoipati R, Wilson A, Allen E, Thalanany M et al. Efficacy and economic assessment of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR): a multicenter randomised controlled trial. *Lancet*. 2009; 374: 1351-1363.
- Combes A, Hajage D, Capellier G, Demoule A, Lavoue S, Guervilly C et al. Extracorporeal Membrane Oxygenation for Severe Acute Respiratory Distress Syndrome. *NEJM*. 2018; 378: 1965-1975.
- The Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference Group. Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome: Consensus Recommendations from the Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference. *Pediatr Crit Care Med*. 2015 Jun; 16(5): 428-439.
- Thangappan K, Cavarocchi N, Baram M, Thoma B, Hirose H. Systemic inflammatory response syndrome (SIRS) after extracorporeal membrane oxygenation (ECMO): Incidence, risks and survivals. *Heart Lung*. 2016;45(5):449-53.
- Mulder M, Fawzy M. Lancé.M. ECMO and anticoagulation: a comprehensive review. *Neth J Crit Care* 2018; 26 (1): 6-13.
- ELSO. General Guidelines for all ECLS Anticoagulation guide 2014 Available from: <https://www.else.org/Portals/0/IGD/Archive/FileManager/929122ae88cusersshyerdocumentselsoguidelinesgeneralalleclsversion1.3.pdf>
- Marhong J, Telesnicki T, Munshi L, Del Sorbo L, Detsky M, Fan E. Mechanical Ventilation during Extracorporeal Membrane Oxygenation. An International Survey. *Ann Am Thoracic Society* 2014; 11 (6): 956-961.
- Schmidt M, Pellegrino V, Combes A, Scheinkestel C, Cooper DJ, Hodgson. Mechanical ventilation during extracorporeal membrane oxygenation. *Crit Care*. 2014 Jan 21;18(1):203.
- Schmidt M, Stewart C, Bailey M, Nieszkowska A, Kelly J, Murphy L Mechanical Ventilation Management During Extracorporeal Membrane Oxygenation for Acute Respiratory Distress Syndrome: A Retrospective. *International Multicenter Study. Crit Care Med*. 2015; 43(3):654-64
- Zhongheng Zhang, Wan-Jie Gu., Kun Chen, and Hongying N. Mechanical Ventilation during Extracorporeal Membrane Oxygenation in Patients with Acute Severe Respiratory Failur. *Can Respir J*. 2017; 2017: 1783857.
- Kamat P, Popler J, Davis J, Leong T, Piland S, Simon D, Harsch A, William D, Fortenberry J. Use of Flexible Bronchoscopy in Pediatric Patients Receiving Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO) Support. *Pediatric Pulmonology*. 2011; 46:1108-1113.
- Sharma N, Peters T, Kulkarni T, Hoopes C , Bellot S, Wille K. Flexible Bronchoscopy Is Safe and Effective in Adult Subjects Supported With Extracorporeal Membrane Oxygenation. *Respir Care*. 2016 May;61(5):646-51
- Prentice E, Mastropietro W. Flexible bronchoscopy for children on extracorporeal membrane oxygenation for cardiac failure. *Pediatr Crit Care Med*. 2011;12(4):422-5.
- MacGowan L, Smith E, Elliott-Hammond C, Sanderson B, Ong D, Daly K, Barrett NA, Whelan K, Bear DE. Adequacy of nutrition support during extracorporeal membrane oxygenation. *Clin Nutr*. 2019; 38(1):324-331.
- Bechard L, Parrott J, Mehta N. Systematic review of the influence of energy and protein intake on protein balance in critically ill children. *The Journal of paediatrics*. 2012;161(2):333-9.
- Seron-Arbeloa C, Zamora-Elson M, Labarta-Monzon L, Mallor-Bonet T. Enteral Nutrition in Critical Care. *Journal of Clinical Medicine Research*. 2013;5(1):1-11.
- Lee S, Chaturvedi A. Imaging adults on extracorporeal membrane oxygenation (ECMO). *Insights into Imaging*. 2014;5(6):731-742.