Oxigenación por membrana extracorpórea

Manuel Sánchez Luna

Introducción

La oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) es una técnica de soporte cardiorrespiratorio complejo que tiene como objetivo mantener el transporte de oxígeno de forma temporal y transitoria, pero prolongada hasta que el propio paciente sea capaz de hacerlo por sí mismo.

En algunos casos es necesario sustituir la función respiratoria solamente, asegurándose con el uso de ECMO un contenido arterial de oxígeno suficiente, y siendo el propio paciente el encargado de mantener el gasto cardiaco. En otros casos es preciso mantener el transporte de oxígeno asegurando no sólo el contenido de oxígeno sino el gasto cardiaco. Por lo tanto su indicación son aquellas situaciones en las que existe insuficiencia respiratoria grave o insuficiencia cardiorrespiratoria con falta de respuesta a los tratamientos convencionales.

Al ser necesaria la canulación vascular y anticoagulación y al existir riesgo de accidentes relacionados con una técnica tan compleja, el tratamiento con ECMO ha sido cuestionado durante tiempo; sin embargo, actualmente existe suficiente evidencia científica que demuestra cómo en situaciones de gravedad en las que la respuesta al tratamiento convencional es insuficiente o ineficaz la ECMO es capaz de aumentar la supervivencia sin incrementar las secuelas.

En los últimos años, con el mejor conocimiento de las técnicas de ECMO y de la necesidad de dar asistencia cardiaca a pacientes con fallo de bomba o ante la presencia de insuficiencia cardiaca refractaria al tratamiento médico, como en las cardiopatías congénitas antes o después de su corrección quirúrgica, el empleo de ECMO se hace indispensable y en estas situaciones es la única alternativa terapéutica.

Historia y antecedentes

La oxigenación artificial extracorpórea se desarrolló con el fin de facilitar el procedimiento quirúrgico durante la cirugía cardiovascular. Fue en 1972 cuando Hill y cols.[1] consiguen aplicar con éxito un sistema artificial de oxigenación de la sangre extracorporalmente durante un periodo de tiempo prolongado cuando nace realmente el concepto de oxigenación extracorpórea prolongada. Desde entonces los sistemas que dan soporte vital extracorporalmente se han ido sofisticando y perfeccionando para aumentar la eficacia del procedimiento y su seguridad, intentando reproducir artificialmente la fisiología normal del transporte de oxígeno en condiciones completamente diferentes a las que se tienen durante la cirugía cardiaca, lo que la ha ido distanciando cada vez más de las técnicas clásicas de circulación extracorpórea.

En 1975, Robert Bartlett[2] consiguió que sobreviviera el primer paciente neonatal gracias al empleo de ECMO. Desde entonces y hasta la actualidad, han sido tratados más de 23.000 pacientes, de los cuales los recién nacidos constituyen el 77% del total, con una

supervivencia para todo el grupo de pacientes tratados con ECMO del 68%[3], existiendo 78 centros en todo el mundo que notifican sus datos al registro de la ELSO (Extracorporeal Life Support Organization), asociación fundada en 1989.

Sin embargo, en todo este tiempo que ha transcurrido desde el primer recién nacido tratado por R. Bartlett hasta la actualidad, el tratamiento con ECMO no siempre ha sido reconocido como eficaz o alternativo al tratamiento convencional que en cada momento se ha podido emplear. En 1985, R. Bartlett y cols.[4] demostraron en un estudio prospectivo la eficacia de la ECMO al disminuir la mortalidad en un grupo de recién nacidos críticos en comparación con los tratamientos convencionales. Este estudio y uno posterior, realizado en Boston e igualmente prospectivo[5], fueron criticados por el diseño empleado e hicieron que durante mucho tiempo la comunidad científica se mostrara dividida sobre el empleo de ECMO en recién nacidos. El estudio multicéntrico aleatorio y controlado británico publicado en 1996[6] ha demostrado la disminución de la mortalidad con el empleo de ECMO frente al tratamiento convencional en patología respiratoria neonatal. Además, la reducción del riesgo de fallecer no se acompaña de un aumento de secuelas al año en este grupo de pacientes[7]. En nuestro país y tras algunos casos aislados notificados de circulación extracorpórea prolongada, se inició el programa de ECMO en octubre de 1997 en el Hospital General Universitario Gregorio Marañón de Madrid, habiéndose tratado hasta la actualidad a 61 pacientes neonatales y pediátricos[8-10].

Componentes del sistema

Básicamente el sistema ha de tener un circuito de tubos de plástico de diferente calibre según el flujo a mantener, en el que se intercala un oxigenador, generalmente de membrana de silicona, una bomba que impulsa la sangre, y un sistema de calentamiento de la sangre además de cánulas para el acceso vascular. El circuito toma la sangre del paciente a través de un catéter o cánula venosa situada en la aurícula derecha, normalmente desde la vena yugular interna derecha, y la inyecta, una vez oxigenada, a la aorta, habitualmente desde la arteria carótida del mismo lado.

El diámetro de los tubos del circuito y la longitud y diámetro interno de las cánulas varían según el flujo necesario a mantener en cada paciente.

Los oxigenadores más empleados son los de membrana siliconada enrollada sobre sí misma y a través de la cual circula la sangre y el gas en sentido contrario. La membrana siliconada porosa permite el intercambio gaseoso. La relación de flujos entre ambos delimita el lavado de CO_2 y la superficie total la capacidad de oxigenar la sangre. La superficie del oxigenador a emplear dependerá del flujo total necesario para mantener el gasto cardiaco, y éste, a su vez, de la superficie corporal de cada caso.

Las bombas que impulsan la sangre son en general de dos tipos, de rodillos, oclusivas y no oclusivas, y centrífugas. Las bombas de rodillo oclusivas son las más difundidas ya que son las que primitivamente se emplearon por la experiencia de su uso en circulación extracorpórea. La oclusividad del sistema requiere la interposición entre la cánula venosa y la bomba de un reservorio de sangre que garantiza un débito de sangre continuo a la bomba, ya que en todos los casos el flujo es continuo según la volemia del circuito y las vueltas del rotor; sin embargo, una disminución del retorno venoso desde el paciente puede condicionar un descenso brusco del flujo de sangre en el circuito, con el riesgo de lesión de la

aurícula derecha y caída del gasto. Este reservorio o *bladder* incluye un dispositivo de alarma y paro de la bomba cuando cae la presión o el volumen o ambos en su interior, indicando una caída del retorno venoso. En la actualidad se tiende a intentar eliminar estos dispositivos por los riesgos que supone el posible malfuncionamiento del sistema, además de ser un lugar de formación de trombos. Las bombas no oclusivas disponen de un fragmento altamente distensible del propio circuito que hace las veces de reservorio, de tal manera que cuando el retorno venoso cae el circuito cambia de diámetro y a la vez modifica la oclusividad del rodillo cambiando el flujo de sangre de forma proporcional. Ambas bombas reciben el retorno venoso por gravedad, por lo que es necesario que estén situadas a altura con respecto del paciente. El uso de cada sistema va a depender finalmente de la experiencia de cada centro ya que las ventajas e inconvenientes son semejantes. La bombas centrífugas tienen un sistema de succión activo del extremo venoso, por lo que no es necesario que se coloquen a una altura diferente al paciente; son de manejo muy sencillo ya que mantienen el concepto de no oclusividad y por lo tanto tampoco precisan de un reservorio de sangre en el extremo venoso, reduciéndose los circuitos en complejidad y tamaño. Son sistemas ideales para el transporte de pacientes y para tiempos cortos de ECMO, en general inferiores a 5 días, tras los cuales han de ser sustituidos los circuitos por completo. Tienen, sin embargo, las desventajas de generar presión negativa con riesgo importante de alteraciones sobre la membrana eritrocitaria, con riesgo importante de hemólisis y trastornos iónicos.

Los sistemas de ECMO pueden dividirse en veno-arteriales y veno-venosos. En los primeros se realiza un cortocircuito o *by-pass* cardiopulmonar completo, tomándose la sangre desde el territorio venoso sistémico y devolviéndola una vez oxigenada al territorio arterial. Los sistemas veno-venosos se diferencian de los veno-arteriales en que devuelven la sangre una vez oxigenada, de nuevo a la circulación venosa sistémica. La sangre una vez oxigenada se mezcla con la procedente del retorno venoso del paciente, normalmente en la misma aurícula derecha. Estos sistemas veno-venosos pueden funcionar mediante el empleo de dos cánulas o de una sola. Esta cánula única puede ser de dos luces, siendo una de ellas para la salida de sangre y la otra para la entrada, o de luz única; en este caso el sistema alternativamente toma sangre y la devuelve al paciente mediante la disposición de un sistema de pinzamiento alternativo. A esta última modalidad se la conoce como ECMO veno-venoso con flujo tidal y cánula única. Descrito inicialmente por Kolobow en los Estados Unidos en 1984 y modificado posteriormente por J.Y. Chevalier en Francia, el cual lo denominó AREC *(Assistance Respiratorie Estracorporale)* para diferenciarlo del resto de sistemas de ECMO venovenoso con flujo continuo[11-13].

La necesidad de grandes flujos de sangre en ECMO veno-venoso para mantener la saturación de oxígeno en ausencia de función pulmonar hace que en niños mayores (más de 10 kg) y en adultos se opte por emplear siempre dos cánulas venosas y ocasionalmente. Ya que la eficacia del ECMO depende fundamentalmente del retorno venoso, es necesario colocar cánulas de gran calibre o dos cánulas en ocasiones para garantizar este retorno en pacientes de gran tamaño.

Fisiología de la oxigenación por membrana extracorpórea

El objetivo del ECMO es garantizar un transporte adecuado de oxígeno a los tejidos. Éste

depende en circunstancias normales de un adecuado contenido de oxígeno en la sangre y de un gasto cardiaco suficiente. La capacidad de transportar oxígeno por la sangre es función de la concentración de la hemoglobina y de su saturación de oxígeno, no teniendo apenas trascendencia la cantidad de oxígeno disuelto en la sangre (PaO_2). El empleo de ECMO garantiza, en primer lugar, el contenido de oxígeno en la sangre al poder saturarse la hemoglobina extracorporalmente y no depender de la función pulmonar primitiva del paciente. La cantidad de sangre oxigenada que el ECMO envía al torrente sanguíneo asegura el transporte de oxígeno cuando esta sangre se envía al territorio arterial. De esta manera, ambas variables del transporte de oxígeno se aseguran en ECMO de forma independiente. Además, el lavado de CO_2 se realiza también extracorporalmente y es función de la relación ventilación-perfusión del oxigenador, de tal manera que puede también regularse independientemente y mantener el pulmón del paciente en apnea o ventilación mínima para reducir el traumatismo sobre la vía aérea.

En ECMO, y a diferencia de la circulación extracorpórea, se mantiene la fisiología normal del paciente en normotermia, con un consumo de oxígeno normal. El asegurar el consumo de O_2 es el objetivo durante el manejo del ECMO. Varias son las variables que indican de manera indirecta este adecuado consumo de O_2. La medición continua de la saturación en la línea de retorno venoso del paciente es una forma indirecta de conocer la saturación venosa mixta y, por lo tanto, de conocer el porcentaje de extracción periférica de O_2. En condiciones normales, el transporte de O_2 es superior al necesario para asegurar el consumo celular de oxígeno y puede descender sin que el consumo se encuentre limitado. Un descenso en el transporte provoca un aumento en la extracción periférica de O_2 de manera que desciende la saturación venosa de O_2. Descensos mayores del transporte pueden llevar al máximo la capacidad de la células de extraer oxígeno de la sangre y por lo tanto limitarse el consumo de O_2, lo que lleva a la situación de hipoxia celular y shock. El mantenimiento de un flujo suficiente de sangre oxigenada con ECMO garantiza este transporte de O_2 cuando el paciente es incapaz de realizarlo, y el marcador de que este flujo de sangre oxigenada desde ECMO es suficiente es una saturación de O_2 en el retorno venoso superior al 75%. En situaciones de gasto cardiaco elevado como shock séptico caliente es necesario mantener flujos mayores con saturaciones venosas superiores en ocasiones al 80%. En pacientes con cardiopatías con mezcla interauricular o corazón univentricular, este marcador no es tan adecuado ya que la contaminación de sangre que procede del retorno de las venas pulmonares interfiere con la interpretación de la saturación venosa. La diuresis y la concentración de lactato en la sangre arterial son otros de los marcadores de uso habitual para el manejo del paciente en ECMO.

En ECMO veno-venoso, el objetivo es simplemente sustituir la función respiratoria. Debido a la alta capacidad de eliminar CO_2 por el ECMO, el paciente puede quedar en apnea durante el tiempo de ECMO veno-venoso. Al entregarse la sangre oxigenada al territorio sistémico venoso, la saturación del paciente en ECMO veno-venoso con incapacidad de oxigenar por su pulmón primitivo es en general próxima al 85-88%, suficiente para garantizar un adecuado transporte de O_2. Según la función del pulmón primitivo va mejorando, la saturación arterial de oxígeno del paciente va aumentando, siendo éste el marcador, junto con el incremento del CO_2 espirado en la vía aérea, de la mejoría respiratoria.

La selección de ECMO veno-venoso o veno-arterial va a depender por lo tanto de las necesidades de cada paciente en cada situación. En la actualidad existe una tendencia a usar con más frecuencia ECMO veno-venoso ya que la mayor limitación del empleo de ECMO veno-arterial es la necesidad de canulación de la arteria carótida y sus complicaciones. El empleo de una vía única venosa evita estas complicaciones y los riesgos de embolismos arteriales.

En la tabla I se resumen las ventajas y desventajas del ECMO veno-venoso frente al veno-arterial.

Se exponen en las figuras 1 y 2 los circuitos de ECMO veno-arterial y veno-venoso empleados en la Unidad de ECMO del Hospital "Gregorio Marañón".

Indicaciones de ECMO

Es precisamente la patología neonatal, y más concretamente los cuadros que cursan con síndrome de hipertensión pulmonar persistente del recién nacido, los que por su elevada mortalidad y su irregular respuesta al tratamiento médico convencional son más susceptibles de ser tratados con ECMO. Si la imposibilidad de oxigenar a estos pequeños es el común denominador de estos cuadros, la ECMO asegura un suficiente transporte de oxígeno, y a su vez esto hace en muchas ocasiones que el proceso revierta.

Hoy sabemos que más del 80% de los pacientes neonatales tratados con ECMO por problemas respiratorios graves han sobrevivido y han podido ser dados de alta hospitalaria[3]. Bien es cierto que la supervivencia de los pacientes que precisan ECMO depende en gran medida de la patología respiratoria y del estado del paciente en el momento de iniciarse el tratamiento con ECMO. Así, los cuadros de insuficiencia respiratoria graves secundaria a aspiración de meconio son los que presentan un mejor pronóstico, con una supervivencia del 98% para algunos centros; sin embargo, los casos de hernia diafragmática congénita presentan una supervivencia que oscila entre el 50% y el 70% de los que precisan ECMO[3].

TABLA I. Ventajas y desventajas del ECMO veno-venoso frente al veno-arterial

Ventajas	Desventajas
Se evita la canulación y ligadura de carótida	No soporte hemodinámico
Menor tiempo de canulación	El transporte de oxígeno depende del gasto cardiaco del propio paciente
Flujo pulsátil arterial	Menor PaO_2
Se evitan los riesgos de la hiperoxia	Recirculación a flujo alto
Perfusión coronaria y pulmonar con sangre oxigenada	Compromiso del retorno venoso sistémico
Menor riesgo de embolismo arterial	
Menor riesgo de *stun* miocárdico	

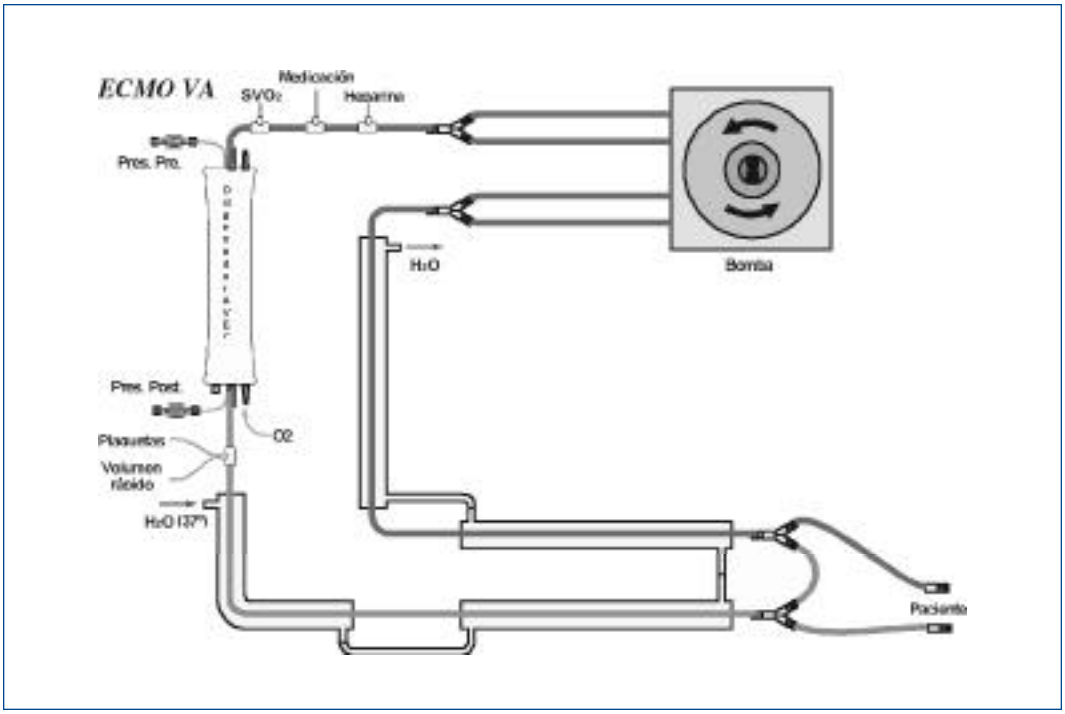

Figura 1. Circuito de ECMO veno-arterial.

En los últimos años, y probablemente debido al empleo de técnicas de corrección más agresivas en cardiopatías congénitas de forma más precoz y la generalización de éstas para la mayoría de las cardiopatías, se han incrementado las indicaciones de ECMO por fallo cardiaco. Aunque en la mayoría de las ocasiones la indicación suele ser la imposibilidad de destete del paciente de la CEC, la ECMO tiene un sitio en la estabilización prequirúrgica de cardiopatías que debutan con shock cardiogénico o hipoxemia grave y en las cuales la realización de una corrección quirúrgica debe esperar la mejoría de las constantes del paciente.

En algunas ocasiones será durante el postoperatorio inmediato cuando por lesiones residuales o fallo ventricular será necesario el empleo de ECMO. Estas nuevas indicaciones de ECMO tienen en general peor pronóstico que las respiratorias, siendo la supervivencia cercana al 40 %, pero no podemos olvidar que son situaciones que en ausencia de ECMO serían incompatibles con la vida[14].

En nuestro medio, las indicaciones de ECMO tanto para recién nacidos como para pacientes pediátricos se basan en criterios de riesgo de fallecer superior al 80% una vez alcanzados. Se entiende que estos criterios se alcanzan tras haberse aplicado correctamente las técnicas convencionales.

Es evidente que el empleo de una técnica de riesgo alto de complicaciones para el paciente y un coste elevado ha de sopesarse ante los beneficios potenciales que el paciente va a

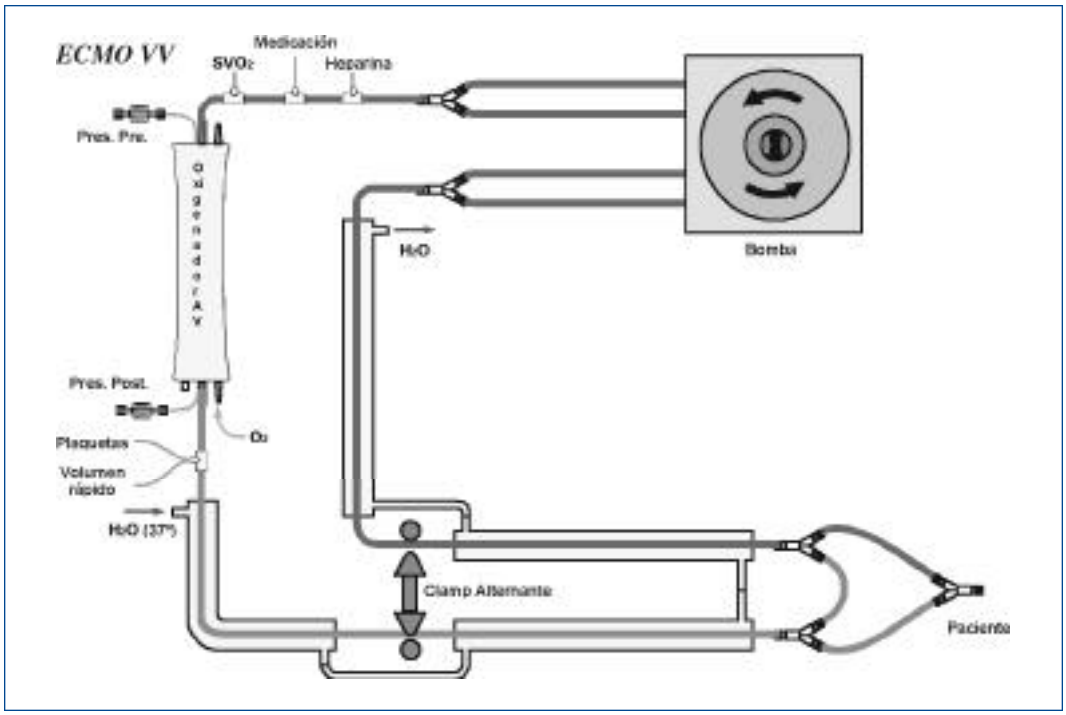

Figura 2. Circuito de ECMO veno-venoso con flujo tidal y cánula única.

recibir. Es por ello que ha de ser seleccionado cada paciente en el mismo centro de ECMO tras agotarse los tratamientos convencionales y descartadas las contraindicaciones del uso de ECMO.

Estas contraindicaciones se basan en problemas técnicos relacionados con la propia capacidad de canulación de los pacientes y los riesgo que supone la anticoagulación. Así, en la mayoría de las unidades estas contraindicaciones se pueden resumir en absolutas y relativas.

Inicialmente, ECMO sólo se indicará para el tratamiento de *aquellas patologías que puedan ser reversibles bien con tratamiento médico o quirúrgico*. *La posibilidad de que la patología sea reversible debe estar relacionada con el tiempo de recuperación, una buena oxigenación o tratamiento quirúrgico*.

Las indicaciones más frecuentes para iniciar ECMO neonatal son:

— Síndrome de hipertensión pulmonar persistente del recién nacido.

— Síndrome de distrés respiratorio neonatal.

— Síndrome de aspiración meconial.

— Síndrome de distrés respiratorio tipo agudo en el recién nacido.

— Hernia diafragmática congénita.

— Insuficiencia respiratoria grave secundaria a rotura alveolar.

— Shock séptico.

— Disfunción ventricular tras cirugía cardiovascular.

— Cardiopatías cianógenas en su debut con hipoxia grave sin respuesta a medidas habituales y como estabilización prequirúrgica.

Criterios de selección de los pacientes

— Peso al nacimiento > 2.000 g, edad gestacional ≥ 34 semanas.

— Menos de 7 días (relativo) o 15 días (absoluto) de ventilación mecánica con presiones elevadas, siendo la ventilación mecánica indicada por enfermedad o daño pulmonar.

— Ausencia de enfermedad no pulmonar grave o irreversible

— Ausencia de hemorragia intracraneal por ecografía.

- Hemorragia grado I o subependimaria es contraindicación relativa.

— Ausencia de diátesis hemorrágica incontrolable.

Criterios de ECMO respiratorio

Evidencia de insuficiencia respiratoria refractaria al tratamiento convencional:

1. $AaDO_2$:

   605-620 torr durante 4-12 horas.

2. Índice de oxigenación (IO) posductal:

   >40 durante 0,5-6 horas.

3. PaO_2:

   < 35-50 mmHg durante 2-12 horas.

4. Acidosis y shock con deterioro progresivo.

5. Deterioro agudo:

   PaO_2 < 30-40 mmHg.

Cálculo del gradiente $AaDO_2$:

Gradiente $AaDO_2$= (FiO_2 · presión barométrica-47-$PaCO_2$)-PaO_2.

Cálculo del IO:

$IO = PMA \cdot FiO_2 \cdot 100 / PaO_2$

(PMA = presión media en la vía aérea)

(PaO_2 = presión parcial de oxígeno posductal)

Criterios de ECMO cardiaco

Estas indicaciones son variables de centro a centro y en general seleccionan pacientes más graves que en ECMO respiratorio, con tiempos de espera del tratamiento convencional más breves.

1. Hipoxemia mantenida con ausencia de respuesta al tratamiento médico, no estando indicada la corrección quirúrgica inmediata.

2. Bajo gasto de origen cardiaco con acidemia mantenida y niveles de lactato en sangre arterial > 2,8 mg/dl tras aplicar medidas convencionales.

3. Imposibilidad de destete de circulación extracorpórea tras cirugía cardiovascular.

4. El proceso debe ser reversible bien mediante el reposo cardiaco, estabilidad gasométrica y hemodinámica o mediante corrección quirúrgica.

Contraindicaciones para el uso de ECMO

Contraindicaciones absolutas

1. Edad gestacional < 34 semanas.
2. Evidencia de daño cerebral grave o irreversible.
3. Daño irreversible de un órgano crítico (hígado, miocardio, riñón).
4. Coagulopatía intratable.
5. Más de 15 días de ventilación mecánica con presiones elevadas.
6. Enfermedad pulmonar que se sospecha que no será reversible.

Contraindicaciones relativas

1. Peso al nacimiento < 2.000 g
2. Diátesis hemorrágica.
3. Hemorragia intraventricular grado I.

Complicaciones y riesgos

ECMO es una técnica agresiva con riesgos derivados de la canulación de vías centrales, anticoagulación sistémica y riesgos por problemas mecánicos. Sin embargo, cuando se analizan las secuelas que estos pacientes presentan hay que tener en cuenta la etiología, la situación previa del paciente y las complicaciones del tratamiento convencional previo.

Se resumen la complicaciones tanto del paciente como mecánicas según los datos del Registro de la ELSO (Extracorporeal Life Support Organization)[3] (tablas II y III).

Pronóstico y resultados

Tanto las indicaciones como los resultados han ido modificándose en los últimos años y según ha evolucionado la técnica y han ido apareciendo nuevas formas de tratamiento convencional.

Así el empleo de ventilación oscilatoria de alta frecuencia, surfactante pulmonar y la administración de óxido nítrico inhalado han reducido la necesidad de uso de ECMO en un 40%[15]. La población que lo precisa actualmente es una población de mayor riesgo al ser pacientes probablemente más graves en los que el tratamiento con ECMO puede llegar en ocasiones demasiado tarde, por lo que algunos autores han sugerido modificar los criterios de indicación de ECMO actuales para aquellos pacientes a quienes el nuevo tratamiento convencional no mejora de forma evidente y rápida[16].

Los resultados del empleo de ECMO dependen no sólo de la patología sino también de la situación previa del paciente y del deterioro del mismo. En general, dentro del grupo de ECMO respiratorio neonatal, el síndrome de aspiración neonatal sigue siendo la patología con mejor pronóstico, con una supervivencia superior al 90%, y la hernia diafragmática congénita la de peor pronóstico con supervivencias próximas al 50%[17].

Los resultados del ECMO en la edad pediátrica son diferentes a los de la edad neonatal, siendo la indicación más frecuente en este grupo de edad la insuficiencia respiratoria por neumonía tanto vírica como bacteriana y el síndrome de distrés respiratorio de tipo agudo, siendo la supervivencia global media del 50%, con supervivencia del 65% para la neumonía por aspiración y del 40% en la neumonía por *Pneumocisti Carinii*[3]. Los resultados del ECMO cardiaco son igualmente diferentes a los del ECMO respiratorio. Este grupo de pacientes presentan una supervivencia inferior (40%) en la mayoría de las series publicadas, y varía igualmente según la indicación se

TABLA II. Complicaciones del paciente en ECMO según el registro de la ELSO		
Complicación	% Notificado	% Supervivencia
Diálisis/hemofiltración	14	59
Hemólisis	14	73
Infarto/hemorragia intracraneal por ecografía	13	50
Hipertensión	13	78
Convulsiones	13	66
Creatinina >1,5	10	57
Hiperbilirrubinemia	10	71
Stun miocárdico	7	64
Infección nosocomial	6	63
Sangrado en el lugar de la cirugía	6	52
Neumotórax	6	67
Sangrado en la zona de la cánula	5	72

deba a fallo de destete de la circulación extracorpórea o por disfunción ventricular en postoperatorio de cirugía cardiaca[3,10,14].

Sabemos actualmente por el seguimiento del grupo de ECMO del Reino Unido que los pacientes que fueros tratados con ECMO respiratorio no presentan ni a corto ni a medio plazo secuelas diferentes a los tratados con tratamiento convencional[7]. Lo que sí es importante recordar es que se trata de un grupo de riesgo y por lo tanto ha de realizarse un seguimiento específico para detectar y tratar las secuelas que puedan presentar.

Transporte a un centro de ECMO

Gran parte de la eficacia del tratamiento con ECMO se basa en la experiencia del equipo de las unidades, la cual sólo se alcanza con un elevado entrenamiento, para lo que es necesario la concentración de los pacientes en las unidades sólo estrictamente necesarias, evitando la dispersión de casos y reduciendo los riesgos para los niños tratados y el coste del procedimiento. Resulta también imprescindible disponer de un modelo experimental, para un buen aprendizaje de todo el personal sanitario involucrado en la técnica[18].

Aunque hasta recientemente no se ha demostrado la necesidad de disponer de unidades de ECMO en nuestro medio[19], la disponibilidad actual de al menos tres centros de ECMO en nuestro país hace que sea recomendable que ante un paciente que pueda beneficiarse de ECMO se consulte con alguno de estos centros en caso de patologías cardiopulmonares

TABLA III. Complicaciones mecánicas del paciente en ECMO según el Registro de la ELSO		
Complicación	% Notificado	% Supervivencia
Coágulos en el circuito	29	76
Problemas en la cánula	11	74
Otros problemas mecánicos	9	72
Aire en el circuito	6	73
Fallo en el oxigenador	6	64
Malfuncionamiento de la bomba	2	75
Malfuncionamiento del hemofiltro	1	52
Rotura de tubos del circuito	1	75

reversibles en las que el tratamiento convencional esta siendo insuficiente o el riesgo de que sea insuficiente es elevado[20]. Aun en algún caso en que la ECMO podría llegar a ser necesaria, pero el recién nacido finalmente no la precisa, una demora en la decisión de traslado puede limitar las posibilidades de realizar un traslado adecuado al centro de ECMO o imposibilitarlo.

Por lo tanto, la consulta debe realizarse siempre antes de que el niño alcance criterios de insuficiencia respiratoria grave, y por tanto *antes de que esté indicada la ECMO*.

Es importante recordar que cuando se está empleando ventilación mecánica de alta frecuencia el deterioro puede limitar el transporte, ya que este tipo de ventilación generalmente no está disponible durante el traslado. Se ha recomendado el empleo de óxido nítrico inhalado para disminuir la hipoxemia tras pasar de ventilación mecánica de alta frecuencia oscilatoria a ventilación convencional durante el traslado[21]. Por ello, éste debe valorarse cuando todavía es posible cambiar la ventilación de alta frecuencia a convencional. Según se recoge en el documento de consenso para el transporte a unidades de ECMO en nuestro medio, el contacto con una unidad de ECMO debería hacerse cuando[20]:

1. En presencia de insuficiencia respiratoria al alcanzarse los siguientes criterios:
   a) Si se necesita una presión pico inspiratoria (PIP) >35 cm H_2O para mantener una PaO_2 de 50–60 mmHg con FiO_2 de 1,0 en ventilación mecánica convencional.
   b) Un IO >25 tras 4-6 horas en ventilación de alta frecuencia oscilatoria.
   c) Cuando sea necesario el uso de óxido nítrico inhalado en el tratamiento de síndrome de hipertensión pulmonar persistente del recién nacido, ante la falta de respuesta a tratamientos previos y sobre todo si no responde a tratamiento con óxido nítrico inhalado.
2. Cualquier paciente que no presente contraindicaciones de ECMO y no pueda ser

ventilado con los medios propios del centro debería ser valorado para su traslado a un centro con ECMO.

Bibliografía

1. Hill JD, O'Brien TG, Murray JJ et al. Prolonged extracorporeal oxygenation for acute post-traumatic respiratory failure (shock-lung syndrome). Use of the Bramson Membrane Lung. N Engl J Med 1972;286:629-634.
2. Bartlett RH, Gazzaniga AB, Jefferies MR. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) cardiopulmonary support in infancy. Trans Am Soc Artif Intern Organs 1976;22:80-93.
3. ECMO Registry of the Extracorporeal Life Support Organization. Ann Arbor, Michigan, July 2001.
4. Barlett RH, Roloff DW, Cornell RG, Andrews AF, Dillon PW, Zwischenberger AB. Extracorporeal circulation in neonatal respiratory failure: a prospective randomized study. Pediatrics 1985;4:479-87.
5. Barlett RH, Morris AH, Fairley HB et al. A prospective study of acute hypoxic respiratory failure. Chest 1986;5:684-9.
6. UK Collaborative ECMO Trail Group. UK collaborative randomised trial of neonatal extracorporeal membrane oxygenation. Lancet 1996;348:75-82.
7. The collaborative UK ECMO trial: follow-up to 1 year of age. Pediatrics 1998;101: E1.
8. Sánchez Luna M, Vázquez J, Blanco D et al. Asistencia respiratoria extracorpórea (AREC): Primeras experiencias en España. Cir Pediatr 1999;12:113-118.
9. Sánchez Luna M. Asistencia respiratoria extracorporea. En: Raspall F, Demestre X (eds.). Tópicos en neonatología. EASO. Barcelona, 1998; 163-181.
10. Sánchez Luna M, Vázquez Estévez J, Blanco D, et al. Oxigenación por membrana extracorporea, ECMO. Experiencia de los primeros 22 casos. An Esp Pediatr 1999;51:677-683.
11. Kolobow T, Borelli M, Spatola R, Tsuno K, Prato P. Single cateter veno-venous membrane lung bypass in the treatment of experimental ARDS. ASAIO Trans 1988;34:35-38.
12. Chevalier JY, Durandy Y, Batisse A, Mathe JC, Costil J. Preliminary report: Extracorporeal lung support for neonatal acute respiratory failure. Lancet 1990:335:1364-66.
13. Chevalier JY, Couprie C, Larroquet M, Renolleau S, Durandy Y, Costil J. Venovenous single lumen cannula extracorporeal lung support in neonates. A five year experience. Asaio J 1993;39:M654-8.
14. Metha U, Laks H, Sadeghi A, Marelli D, Odim J, Alejos J, Kim M, Atkinson J, Bui KM. Extracorporeal Membrane Oxygenation for cardiac support in pediatrics patients. Am Surg 2000;66:879-886.
15. Hintz SR, Suttner DM, Sheehan AM, Rhine WD, Van Meurs KP. Decreased use of neonatal Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO): how new treatment modalities have affected ECMO utilization. Pediatrics 2000; 106:1339-1343.
16. Bauer KH, Kewitz G, Karaca S, Versmold H. Do we need new indications for ECMO in neonates pretreated with high frequency ventilation and/or inhaled nitric oxide? Intensive Care Med 2000;26:1489-95.
17. Roy BJ, Rycus P, Conrad SA, Clark RH. Changing demographics of neonatal extracorporeal membrane oxygenation patients reported to the extracorporeal life support organization (ELSO) registry. Pediatrics 2000;106:1334-8.
18. Valls i Soler A, López Herrera MC, López de Heredia y Goya J, Román L, Echevarría B, Fernández-Ruanova. Oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) neonatal. I. ¿Es realmente necesaria en nuestro país? An Esp Pediatr 1997;46:261-265.
19. Estrada MD. Oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) en neonatos y edad pediátri-

ca. Consejo Interritorial del Sistema Nacional de Salud. Ed. Ministerio de Sanidad y Consumo. Agencia d'Avaluació de Tecnología i Recerca Mèdiques. Barcelona, Noviembre 2000.

20. Sánchez Luna M, Valls-i-Soler A, Moreno Hernando. Oxigenación por Membrana Extracorpórea (ECMO). Indicaciones y guías para el contacto con una unidad de ECMO. An Esp Ped 2002 (en prensa).

21. Kinsella JP, Griebel J, Abman S. Use of inhaled nitric oxide during interhospital tansport of newborns with hypoxemic respiratory failure. Pediatrics 2002;109: 158-161.

NOTAS