

Soporte nutricional en pacientes pediátricos con oxigenación por membrana extracorpórea: nuevas perspectivas

Nutritional support in pediatric patients with extracorporeal membrane oxygenation: new insights

Karla I. Gómez-Becerra¹, Miguel Robledo-Valdez¹, Miguel Morante-Ruiz²,
Martha C. Martínez Soto-Holguín³, Gabino Cervantes-Guevara^{4,5}, Sol Ramírez-Ochoa⁶,
Gabino Cervantes-Pérez⁶, Lorena A. Cervantes-Pérez⁶, Berenice Vicente-Hernández⁶,
Karla D. Castro-Campos⁶, M. Guadalupe Flores-Alatorre⁷ y Enrique Cervantes-Pérez^{6,8*} 

¹Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jal., México; ²Servicio de Medicina Interna, Hospital Universitario Fundación Jiménez-Díaz, Madrid, España; ³Servicio de Nutrición Clínica Pediátrica, Instituto Nacional de Pediatría, Ciudad de México, México; ⁴Departamento de Bienestar y Desarrollo Sustentable, Centro Universitario del Norte, Universidad de Guadalajara, Colotlán, Jal., México; ⁵Departamento de Gastroenterología, Hospital Civil de Guadalajara Fray Antonio Alcalde, Guadalajara, Jal., México; ⁶Departamento de Medicina Interna, Hospital Civil de Guadalajara Fray Antonio Alcalde, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jal., México; ⁷Departamento de Medicina Interna, Hospital Regional Dr. Valentín Gómez Farias, ISSSTE, Zapopan, Jal., México; ⁸Centro Universitario de Tlajomulco, Universidad de Guadalajara, Tlajomulco de Zúñiga, Jal., México

Resumen

El soporte nutricional en pacientes pediátricos con terapia de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO) es controversial. Si bien la ECMO se utiliza cada vez más en las unidades de cuidados intensivos pediátricos, no existe un consenso sobre el enfoque óptimo para la prescripción de nutrimentos en esta gama de pacientes. No obstante, es imperativo comprender que esta población sufre un grave estrés metabólico, por lo cual las demandas nutricionales están incrementadas, condicionando así un aumento en la morbilidad y mortalidad del paciente pediátrico con ECMO. Esta revisión narrativa tiene como objetivo resumir la evidencia médica actual sobre los aspectos del soporte nutricional en pacientes pediátricos con ECMO, incluyendo la adecuación nutricional, la ruta de administración de nutrimentos y la nutrición enteral y parenteral, así como la propuesta de un algoritmo de inicio de la terapia médica-nutricional en esta población.

Palabras clave: Soporte nutricional. Oxigenación por membrana extracorpórea. Pediatría.

Abstract

Nutritional support in pediatric patients receiving extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) therapy is controversial. Although ECMO is increasingly used in pediatric intensive care units, there is no consensus on the optimal approach for nutrient prescription in this patient population. It is imperative to understand that this population experiences severe metabolic stress, which increases their nutritional demands, consequently leading to higher morbidity and mortality in pediatric patients on ECMO. This narrative review aims to summarize the current medical evidence on aspects of nutritional support in pediatric

*Correspondencia:

Enrique Cervantes-Pérez

E-mail: enrique.cervantes@academico.udg.mx

Fecha de recepción: 29-07-2024

Fecha de aceptación: 27-02-2025

DOI: 10.24875/ACM.24000135

Disponible en internet: 04-08-2025

Arch Cardiol Mex. 2025;95(3):215-223

www.archivoscardiologia.com

1405-9940 / © 2025 Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

patients with ECMO, including nutritional adequacy, nutrient administration routes, and enteral and parenteral nutrition, as well as the proposal of an algorithm for initiating medical-nutritional therapy in this population.

Keywords: Nutritional support. Extracorporeal membrane oxygenation. Pediatrics.

Introducción

El soporte vital extracorpóreo conocido como oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO, *extracorporeal membrane oxygenation*) es una forma modificada de circulación exógena para respaldar temporalmente la función cardiopulmonar, donde la sangre venosa se drena del paciente y se hace avanzar hasta un pulmón de membrana para el intercambio de gases y, posteriormente, la sangre oxigenada retorna al paciente a través de una vena de mayor calibre. Este sistema se clasifica como ECMO venovenoso (ECMO-VV), y cuando el retorno es por un vaso arterial se denomina ECMO venoarterial (ECMO-VA)^{1,2}.

Desde 1990, el uso de ECMO ha ido en aumento en la población pediátrica, con más de 55,000 pacientes en la actualidad³, siendo los neonatos la población con mayor índice de uso de esta terapia^{2,4}; sin embargo, su uso e indicaciones son en casos muy específicos, particularmente en niños operados por una cardiopatía congénita cuando no es posible el destete de la circulación extracorpórea en el quirófano. Con el paso del tiempo se han ido ampliando las indicaciones para el uso de esta terapia, incluyendo pacientes con choque cardiogénico, que requieren soporte inotrópico masivo, escenarios de paro cardíaco extrahospitalario, miocarditis, neumonía y síndrome de insuficiencia respiratoria aguda⁵. Asimismo, es importante considerar el riesgo-beneficio al momento de optar por ECMO, contemplado los costos, el efecto y la supervivencia a la unidad de cuidados intensivos pediátricos (UCIP)⁴.

La inmovilización prolongada induce a pérdida de masa ósea y muscular, incluso en ausencia de enfermedad crítica pediátrica, y si a esto se le suma la estancia en la UCIP con uso de ECMO, la atrofia muscular aumenta, la pérdida de fuerza es mayor y, por consiguiente, se incrementa la morbilidad, por lo que estos pacientes requieren no solo un correcto inicio de la terapia médica-nutricional, sino también una adecuada rehabilitación nutricional y fisioterapéutica tras la UCIP⁶, debido a que el uso de ECMO pediátrica induce un aumento en el catabolismo muscular y un incremento del riesgo de desarrollar desnutrición. Además, es necesario considerar las complicaciones propias del uso de esta terapia en conjunto con el uso de

algunos fármacos⁷, ya que se carece de evidencia para estandarizar las dosis de ciertos medicamentos en población pediátrica con esta terapia⁸.

Por lo tanto, es importante examinar el papel de la nutrición como un elemento crucial en los pacientes de UCIP, considerando que la prevalencia de desnutrición en estos pacientes va desde el 18% hasta el 45%, lo cual aumenta los costos y la mortalidad hospitalaria, al igual que en los pacientes con ECMO, puesto que el bajo peso en esta población es considerado un predictor independiente de mortalidad hospitalaria⁹.

Evaluación nutricional en pacientes con ECMO

El estado de nutrición en condiciones críticas se ha identificado como un elemento que contribuye significativamente a los resultados clínicos¹⁰. La desnutrición puede asociarse con un mayor riesgo de mortalidad en los pacientes en la UCIP^{9,11,12} debido a que el bajo peso representa un mayor riesgo de mortalidad¹², y en los niños con ECMO que tienen un peso inferior al recomendado este riesgo aumenta^{9,13}.

La desnutrición también se considera un predictor de mayor requerimiento de ventilación mecánica^{9,14} y prolongados tiempos de estancia en la UCIP⁹. Asimismo, no existen datos sobre el impacto del estado nutricional en el pronóstico de los pacientes pediátricos con ECMO⁹.

Estos pacientes tienen un alto riesgo de efectos adversos y deterioro nutricional debido a la condición crítica y los impedimentos para el suministro de nutrientes¹⁵. Existe mayor riesgo de desnutrición en comparación con los adultos por presentar menos grasa y masa muscular, además de mayores requerimientos energéticos en reposo. Si la desnutrición es prolongada, puede comprometer el crecimiento y el desarrollo óptimos¹⁶. Debido a la gravedad de los pacientes sometidos a ECMO, y en consideración de su estado premórbido, es difícil alcanzar una ganancia de peso adecuada, considerando que el aporte de nutrientes puede estar limitado¹⁷. En neonatos se han observado pérdidas de peso de hasta el 15% de su masa corporal magra durante el uso de ECMO por 7 días¹⁷. Además, posiblemente los pacientes pediátricos en condiciones graves ya presenten un

grado de desnutrición al ingreso, lo que puede empeorar el pronóstico médico si a esto se le suma una nutrición intrahospitalaria inadecuada¹⁴.

Por lo anterior, la evaluación nutricional es un elemento muy importante para la detección de riesgos¹⁶, considerando el impacto del estado nutricional sobre el pronóstico de los niños gravemente enfermos. De acuerdo con estudios observacionales, tanto la desnutrición como la obesidad se asocian con resultados clínicos adversos¹⁸. A pesar de conocer su importancia, en la práctica diaria es difícil realizar una evaluación de forma integral, lo que puede deberse a falta de información y de capacitación¹⁶.

Se recomienda que los pacientes en la UCIP se sometan a una evaluación nutricional detallada al ingreso hospitalario¹⁹ y 48 horas posterior a la admisión, reevaluando el estado nutricional al menos semanalmente durante la estancia hospitalaria¹⁸.

Una evaluación nutricional completa comprende la revisión de los registros médicos a través de la historia clínica, medidas antropométricas, datos bioquímicos, reporte de consumo dietético, datos nutricionales, entrevista y exploración física orientada. Esta última ayuda a identificar la existencia de desgaste muscular o pérdida de grasa subcutánea, así como la presencia de edema, y además permite corroborar la información recabada durante la revisión del historial clínico¹⁶.

Dentro de las prácticas para la evaluación nutricional de los pacientes pediátricos en condición crítica, con el objetivo de identificar desnutrición o riesgo de deterioro nutricional, se sugiere documentar el peso y la altura al ingreso hospitalario¹⁰. La circunferencia media del brazo también puede emplearse para la evaluación, siendo un parámetro relativamente estable y buen indicador del estado nutricional; si es ≤ 12.5 cm sugiere desnutrición, mientras que ≥ 13.5 cm es normal (sensibilidad en hombres del 94.4% y en mujeres del 88.9%, con una especificidad del 83% en ambos sexos para el diagnóstico de desnutrición)¹⁶. Este indicador, además, se ha correlacionado con el índice de masa corporal (IMC) en pacientes mayores de 5 años²⁰. Por otro lado, desde el nacimiento y hasta los 5 años de edad, el perímetro cefálico puede ser de utilidad para evaluar el crecimiento cuando no se tiene precisión en la longitud, utilizando el puntaje Z y las tablas de perímetro cefálico para la edad en niños y niñas de la Organización Mundial de la Salud (OMS)¹⁶. Las medidas que se obtienen pueden ser comparadas con curvas de crecimiento y se determinan puntajes Z para poder establecer tendencias¹⁶, ya que estos permiten identificar qué tan atípica es la medición²⁰. También se pueden

considerar puntuaciones Z del IMC para la edad; en los menores de 2 años, se debe considerar el peso para la longitud o el peso para la edad si no se dispone de la altura exacta¹⁸. La evidencia sugiere el seguimiento de los cambios en las curvas de crecimiento¹⁶ al momento del alta, ya que los gráficos ayudan a que las tendencias del mismo puedan observarse a lo largo del tiempo y de esta manera se identifiquen problemas para su atención oportuna²⁰. Es importante tomar en consideración que, por las condiciones críticas de los pacientes, pueden existir barreras para la precisión de las mediciones¹⁶.

Faltan consensos para la evaluación del estado nutricional y marcadores precisos del estado nutricional en el paciente crítico. No obstante, se han considerado algunos elementos, como son la velocidad de crecimiento, la cronicidad y el estado funcional, y algunas otras herramientas de evaluación de riesgos nutricionales y biomarcadores, ya que las mediciones antropométricas, por sí solas, dificultan la detección de riesgos¹⁹.

La evaluación integral y precisa de los pacientes contribuye a proporcionar una terapia nutricional individualizada. Mediante esta evaluación se pueden identificar condiciones de desnutrición¹⁹. La implementación de tamizajes de riesgo nutricional facilita que los recursos se destinen a pacientes con un alto riesgo para que puedan beneficiarse de una evaluación y una intervención tempranas¹⁸. Estos se realizan de manera rápida y sencilla, y permiten identificar de manera confiable a las personas que están en riesgo nutricional^{21,22}. Actualmente no existen herramientas de tamizaje que estén validadas en enfermedades críticas pediátricas con ECMO, a diferencia de un mayor uso de estos cribados nutricionales en adultos^{19,21,22}.

Sin embargo, algunos estudios han considerado al tamizaje PNRS (*Paediatric Yorkhill Malnutrition Score*) como el más adecuado para la práctica clínica, debido a sus altas sensibilidad y especificidad en comparación con la valoración global subjetiva²². Por otra parte, la herramienta de tamizaje pediátrica PNST (*Pediatric Nutrition Screening Tool*), validada de manera inicial en pacientes hospitalizados, es muy breve y se enfoca en la pérdida de peso reciente, así como en la reducción de la ingesta calórica²⁰. Se ha considerado la herramienta STRONGKids como una de las más confiables en el entorno clínico para identificar a niños en riesgo nutricional. Se recomienda su implementación en las primeras 24 horas de ingreso en pacientes entre 1 mes y 18 años de edad²³. Esto muestra que no existe una herramienta de detección de riesgo superior a otra, y deberán considerarse los entornos donde se aplicarán,

Tabla 1. Consenso para el diagnóstico de desnutrición pediátrica y sus indicadores primarios, según la Academy of Nutrition and Dietetics (AND) y la American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (ASPEN)

Indicador	Desnutrición leve	Desnutrición moderada	Desnutrición grave
Puntuación Z del peso para la talla	-1 a -1.9	-2 a -2.9	-3 o más
Puntuación Z del IMC para la edad	-1 a -1.9	-2 a -2.9	-3 o más
Puntuación Z de longitud/talla para la edad	NA	NA	-3
Circunferencia media del brazo	Mayor o igual que -1 a -1.9 puntuación Z	Mayor o igual que -2 a -2.9 puntuación Z	Mayor o igual que -3 puntuación Z
Velocidad de ganancia de peso (pacientes < 2 años)	< 75%* de la norma† para el aumento de peso esperado	< 50%* de la norma† para el aumento de peso esperado	< 25%* de la norma† para el aumento de peso esperado
Pérdida de peso (pacientes 2-20 años)	5% del peso corporal habitual	7.5% del peso corporal habitual	10% del peso corporal habitual
Desaceleración en el peso para la puntuación Z de longitud/talla	Disminución de 1 puntuación Z	Disminución de 2 puntuación Z	Disminución de 3 puntuación Z
Ingesta inadecuada de nutrimentos	51-75% del VCT estimado	26-50% del VCT estimado	≤ 25% del VCT estimado
Cronicidad‡	Aguda: < 3 meses de duración Relacionada con enfermedad	Crónica: 3 meses o más de duración Relacionada con consumo dietético, entorno social o económico	

*Guo S et al.²⁴†World Health Organization. Data for patients < 2 years old. Disponible en: http://www.who.int/childgrowth/standards/w_velocity/en/index.html.²⁵

‡Independientemente del grado de desnutrición.

IMC: índice de masa corporal; NA: no aplica; VCT: valor calórico total.

Adaptada de Bouma S et al.²⁶, Becker et al.²⁰ y Mehta et al.²⁷

así como el diagnóstico médico y su reproducibilidad²². La **tabla 1** muestra el consenso para el diagnóstico de desnutrición pediátrica de la Academy of Nutrition and Dietetics (AND) y la American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (ASPEN).

Requerimientos calórico-proteicos en pacientes con ECMO

La desnutrición pediátrica en la UCIP se asocia con un incremento en la morbilidad hospitalaria, debido al estado hipermetabólico y catabólico con el que cursa el paciente, sumando a esto el uso de terapias con alto desgaste energético y muscular, como es el caso de la ECMO. Por lo anterior, es imperativo que el clínico aporte la energía y las proteínas necesarias en infantes críticamente enfermos con ECMO para mejorar no solo el curso de la enfermedad, disminuyendo la mortalidad, sino también para disminuir los riesgos asociados a la desnutrición²⁸.

Existe una creciente necesidad de estandarizar por medio de guías de práctica clínica las kilocalorías y las

proteínas que se van a proporcionar al paciente pediátrico con ECMO; sin embargo, dada la naturaleza de la enfermedad crítica, se pueden seguir las recomendaciones generales para pacientes pediátricos críticamente enfermos en cuanto a requerimientos calórico-proteicos se refiere²⁹.

Para estimar el gasto energético total del infante, el método de referencia es la calorimetría indirecta. Sin embargo, si esta no se encuentra disponible, se pueden estimar las necesidades calóricas por medio de fórmulas predictivas, como las ecuaciones de peso-talla, el peso de Schofield o bien las ecuaciones recomendadas por la OMS para estimar el gasto de energía. Se debe tener precaución al momento de agregar los factores de estrés que incrementan el requerimiento, ya que su uso sistemático puede resultar en una sobrealimentación involuntaria^{17,18,30}. La **tabla 2** muestra las ecuaciones de predicción de gasto energético mencionadas.

Es recomendable administrar gradualmente los requerimientos calóricos, iniciando con un 25% del gasto energético total el día 1 y siguiendo con un aumento

Tabla 2. Ecuaciones de predicción del gasto energético en pacientes pediátricos

Fórmula	Sexo	Edad (años)	Ecuación de predicción
Schofield con peso	Hombres	3-10 10-18	$(22.706 \times P) + 504.3$ $(17.686 \times P) + 658.2$
	Mujeres	3-10 10-18	$(16.97 \times P) + (161.8 \times E) + 371.2$ $(8.365 \times P) + (465 \times E) + 200$
Schofield con peso y estatura	Hombres	3-10 10-18	$(20.315 \times P) + 485.9$ $(13.384 \times P) + 692.6$
	Mujeres	3-10 10-18	$(16.97 \times P) + (161.8 \times E) + 371.2$ $(8.365 \times P) + (465 \times E) + 200$
FAO/OMS	Hombres	3-10 10-18	$(22.7 \times P) + 495$ $(17.5 \times P) + 651$
	Mujeres	3-10 10-18	$(22.5 \times P) + 499$ $(12.2 \times P) + 746$

P; peso (kg), E; estatura (cm).

Adaptada de Bouma S et al.²⁶, Becker et al.²⁰ y Mehta et al.²⁷

paulatino a diario del 25% para alcanzar el 100% en el día 4, o bien durante la primera semana de estancia en la UCIP. Si esto no es posible, al menos dos tercios de los requerimientos deben alcanzarse para el final de la primera semana, ya que si se acumula un déficit de energía durante la fase crítica aumenta el riesgo de resultados clínicamente desfavorables^{18,30}.

Los pacientes recién nacidos y los pediátricos que reciben ECMO tienen mayores requerimientos de proteínas debido al estado hipercatabólico, siendo necesario compensar las pérdidas con un aporte adecuado, pues se ha observado que un suministro inadecuado de proteínas aumenta significativamente la mortalidad en la UCIP en general¹¹. La ASPEN recomienda al menos 1.5 g/kg al día de proteínas en pacientes pediátricos críticamente enfermos; en recién nacidos y pacientes con ECMO, se pueden aportar incluso 3 g/kg al día para compensar las pérdidas catabólicas^{17,18}. En la **tabla 3** se muestran las recomendaciones generales para el soporte nutricional en recién nacidos con ECMO^{17,31}.

Por otro lado, en pacientes pediátricos con ECMO que requieren terapia de reemplazo renal aumentan las pérdidas de micronutrientes como tiamina, piridoxina, ácido fólico, ácido ascórbico y oligoelementos, especialmente selenio, condicionando una deficiencia de estos y un incremento en el requerimiento, causando

Tabla 3. Recomendaciones generales de terapia médica-nutricional en pacientes recién nacidos sometidos a oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO)

Recomendaciones de la guía clínica en ECMO	
Inicio del soporte nutricional	Iniciarlo dentro de las primeras 24-48 horas, de manera óptima y segura
Valor calórico total	Mismas recomendaciones que en el paciente crítico pediátrico. Calorimetría indirecta o estimación con fórmulas predictivas
Proteínas	1.5-3.0 g/kg al día
Ruta	Nutrición enteral como primera opción cuando se alcance la estabilidad hemodinámica y no haya contraindicación para uso del tracto gastrointestinal

Adaptada de Murphy y Selewsk³¹ y de Jaksic et al.¹⁷.

una respuesta negativa del organismo al estrés oxidativo y comprometiendo el sistema inmunitario, por lo que se recomienda la administración de la ingesta diaria recomendada de cada uno de los micronutrientes (vitaminas y oligoelementos)³². Un estudio retrospectivo de un solo centro evaluó 78 pacientes pediátricos con ECMO y halló que en esta población ocurren con frecuencia anomalías del calcio, con esta terapia en particular, lo cual se ha asociado a peores resultados clínicos, mayor duración de la ECMO y más días de estancia en la UCIP³³.

Continúa habiendo escasez de datos sobre los requerimientos calóricos y proteicos estandarizados para esta población, aunado a una limitada información sobre la homeostasis y el manejo de los micronutrientes en pacientes pediátricos con ECMO, por lo que sigue siendo un área clave para futuras investigaciones.

Rutas de entrega nutricional en pacientes pediátricos con ECMO

Nutrición enteral

Es necesaria la implementación de un soporte nutricional óptimo en los pacientes pediátricos críticamente enfermos para mejorar el desenlace clínico¹⁰. Debido a que el uso de ECMO ha crecido de manera considerable en los últimos 15 años³⁴, debe ser provista una nutrición adecuada a los pacientes pediátricos que estén bajo esta terapia, ya que se emplea para brindar soporte vital ante diversas enfermedades que

progresan a insuficiencia cardiorrespiratoria. Esta condición incrementa el estado catabólico, con una alta demanda de requerimientos energéticos y proteicos¹³, representando además una carga nutricional y metabólica considerable, pues implementar este soporte no proporciona ningún tipo de reposo metabólico¹⁷.

Las pautas para la entrega óptima del soporte nutricional no están claras¹⁰. La práctica nutricia es variada en las UCIP, debido a la baja evidencia para guiar las recomendaciones hacia una atención óptima¹⁹.

El soporte nutricio en pacientes con ECMO deberá estar fundamentado en una comprensión de los cambios metabólicos, el uso de reservas metabólicas y los requerimientos nutrimentales¹⁷, así como la ruta de elección, la forma de administración y el alcance de los objetivos calóricos establecidos; todo esto influye en el pronóstico clínico. Se estima que cerca del 25% de los niños en las UCIP pueden desarrollar un déficit calórico significativo y un incremento del riesgo de deterioro nutricional¹³.

Se ha propuesto la nutrición enteral (NE) como la vía preferible para alimentar, siendo el acceso preferido sobre la nutrición parenteral (NP) en condiciones críticas, cuando se mantiene la funcionalidad del tracto gastrointestinal y el paciente se encuentra clínicamente estable¹⁷. En estudios observacionales en UCIP se ha reportado mejoría con el uso de NE^{6,18}, la cual está significativamente asociada con una disminución de la mortalidad⁶.

El soporte nutricional enteral debe iniciarse rápidamente en los recién nacidos tratados con ECMO. Las recomendaciones actuales para pacientes pediátricos en estado crítico establecen el inicio de la NE durante las primeras 24-48 h tras el ingreso hospitalario^{28,35}. Los neonatos tienen reservas nutricionales limitadas y requieren un adecuado soporte para garantizar su crecimiento¹⁷. En este tipo de pacientes con ECMO clínicamente estables debe iniciarse la NE, mostrando buena tolerancia a la leche materna o la fórmula estándar, aun bajo condiciones de disfunción intestinal relacionadas con enfermedad crítica. Una mejor tolerancia de la NE podría asociarse con una menor estancia hospitalaria¹⁷.

Sin embargo, la NE puede retrasarse debido al riesgo considerado de enterocolitis necrosante, isquemia intestinal y hemorragia intestinal, especialmente en pacientes con uso de fármacos vasoactivos³⁶. También existe evidencia reportada de un incremento en la permeabilidad intestinal de los neonatos con ECMO en

comparación con los bebés sanos, sin que se hayan presentado complicaciones³⁵.

Los niños con ECMO que reciben infusiones vasoactivas pueden tener dificultades para el inicio de la NE debido a una circulación esplácnica reducida¹³. Además, se tienen otras preocupaciones para el soporte, como es el riesgo de isquemia intestinal o de traslocación bacteriana¹⁷. En 2015, de acuerdo con los datos reportados por una encuesta, el 84.2% de los pacientes con ECMO recibieron soporte nutricional enteral, aunque la administración fue variable y dependió del tipo de ECMO, de las enfermedades subyacentes y del tratamiento con vasopresores¹³.

Los estudios han demostrado la seguridad del uso de NE, incluso con altas dosis de vasopresores ($> 1 \mu\text{g/kg/min}$). Esto ha permitido que se recomiende y promueva como soporte nutricional en pacientes con ECMO³⁵; no obstante, siempre es necesaria una evaluación rigurosa y valorar el riesgo-beneficio.

Asimismo, en las UCIP existen algunos otros factores que interfieren en la administración de nutrimentos por vía enteral. La [tabla 4](#) muestra las principales barreras que retrasan el inicio de la NE o que llevan a su suspensión, además de algunas recomendaciones^{19,31,32}. Se ha propuesto que al menos dos tercios de la meta de nutrientes sean provistos en la primera semana de ingreso a la UCIP, lo cual se ha asociado con mejores resultados clínicos¹⁸.

Cuando la NE es insuficiente por sí sola para cubrir las demandas energéticas, se complementa con NP³²; sin embargo, se ha observado que la NE administrada en el día 5 de ECMO se ha asociado con una mayor supervivencia en comparación con el soporte parenteral exclusivo³⁷.

Referente al sitio de administración de la NE, falta evidencia sobre la mejor elección en población pediátrica¹⁷, pero se sugiere que la vía gástrica es la opción preferida. Los sitios pospilóricos deben considerarse en pacientes que no toleren la alimentación gástrica o con alto riesgo de broncoaspiración, considerando además que con frecuencia no logra cubrir el objetivo de energía debido a las interrupciones en la administración o la intolerancia alimenticia durante la fase aguda; esto puede permitir que se alcancen objetivos de energía más altos en comparación con la vía gástrica¹⁹. En cuanto al método de infusión, continuo o intermitente, la evidencia aún no es sólida para dictar recomendaciones específicas; no obstante, el uso de infusión continua se ha asociado con menor intolerancia gástrica¹⁸.

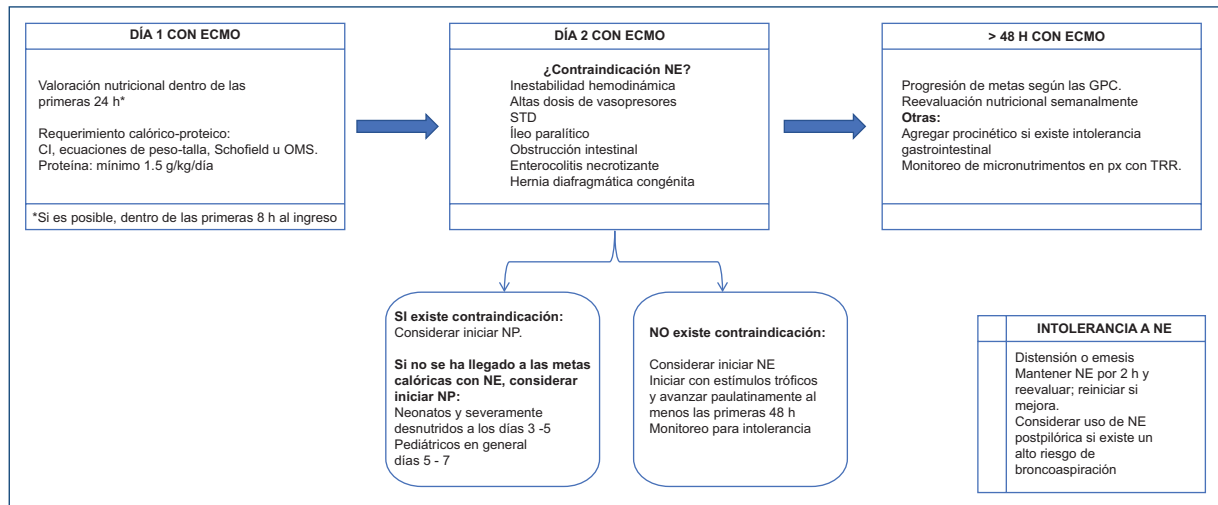


Figura 1. Algoritmo propuesto para la terapia médica-nutricional en pacientes pediátricos con terapia de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO). CI: calorimetría indirecta; GPC: guías de práctica clínica; NE: nutrición enteral; NP: nutrición parenteral; OMS: Organización Mundial de la Salud; RCT: requerimiento calórico total.

Tabla 4. Barreras y recomendaciones para el inicio de nutrición enteral en pacientes pediátricos críticamente enfermos

Barreras	Recomendaciones
Intolerancia percibida a la alimentación por inestabilidad hemodinámica o uso de terapia vasopresora	Reevaluación nutricional a las 48 h
Ayuno prolongado por los procedimientos	Considerar uso de NP complementaria en caso de alto riesgo nutricional
Riesgo de lesión isquémica intestinal	NP total y reevaluación a las 48 h
Disminución de la perfusión intestinal	NP total y reevaluación a las 48 h
Presencia de hernia diafragmática congénita	Considerar uso de NE mediante sonda PEG

NE: nutrición enteral; NP: nutrición parenteral; PEG: gastrostomía endoscópica percutánea.

La NE, aunque sea en volúmenes tróficos, iniciada de forma temprana, normalmente es bien tolerada, evaluando las condiciones clínicas¹³. Incluso se han observado respuestas hormonales intestinales normales después de la administración de pequeños volúmenes de NE en pacientes con ECMO³¹. Una vez que existe una adecuada tolerancia, se sugiere el avance gradual del aporte de nutrientes¹⁸. Los aumentos rápidos en el suministro de energía deben evaluarse sopesando el riesgo de desequilibrio hidroelectrolítico, ya que puede desencadenar un síndrome de realimentación³⁸.

Nutrición parenteral

El uso de NE es la primera opción para el aporte de energía y proteínas, pero en ocasiones no es factible porque el tracto gastrointestinal no es viable o existe una tolerancia baja a la NE, con un aporte menor del 60% del gasto energético total después de 7-10 días. En estas condiciones se puede escalar al uso de NP complementaria o total²⁹; no obstante, no se recomienda su uso dentro de las primeras 24 horas de ingreso a la UCIP¹⁸.

Una encuesta de centros de ECMO neonatales y pediátricos reportó que, si bien la NE es la ruta de preferencia para nutrir al paciente, en ocasiones las barreras más comunes para su inicio son el aumento en el uso de fármacos vasoactivos y un diagnóstico subyacente de paro cardiorrespiratorio o trasplante hematológico³⁹. Por esta razón, en estos casos particulares se debe valorar el inicio de la NP⁴⁰; todo depende del contexto clínico del paciente y del riesgo-beneficio que suponga el empleo de estas terapias¹.

La evidencia en cuanto al uso de NP en estos pacientes es limitada, debido a las condiciones clínicas de los niños con ECMO. Sin embargo, el uso de NP complementaria a la NE de manera temprana (dentro de la primera semana de ingreso a la UCIP) puede llegar a ser útil para prevenir los déficits acumulativos de energía y proteínas que no se logran alcanzar por intolerancias digestivas a la vía enteral. El uso de NP complementaria pudiera asociarse con el logro del

objetivo de entrega calórica y proteica durante la primera semana de estancia en la UCIP con ECMO¹³.

En general se ha optado únicamente por la administración de aminoácidos de manera parenteral, con frecuencia una solución que apunta hasta 3 g/kg de peso al día; cada solución debe dosificarse según el contexto clínico del paciente, su peso y sus antecedentes médicos³¹.

Por otro lado, la NP total proporciona una cantidad mayor y completa de calorías y proteínas, dado que se administran por medio de un catéter central o periférico, dependiendo del paciente y de la osmolaridad de las fórmulas parenterales; sin embargo, el uso de accesos vasculares extra aumenta el riesgo de infecciones asociadas a catéteres³⁶.

En cuanto al uso de multivitamínicos y elementos traza en la NP, se recomienda administrar la ingesta diaria recomendada de cada uno, con excepción de los pacientes en quienes se identifiquen deficiencias séricas de algún micronutriente en específico, en los que será necesario considerar la administración terapéutica del micronutriente faltante (vitamina C en presencia de escorbuto, tiamina si existe insuficiencia cardíaca congestiva, niacina para la pelagra, etc.)³⁶⁻⁴¹.

Propuesta de un algoritmo

A partir de las evidencias expuestas respecto a las consideraciones nutricionales, los requerimientos, el inicio de la alimentación y la ruta de administración de nutrimentos, en la [figura 1](#) se propone un algoritmo para la terapia médica-nutricional en esta población tan vulnerable tratada con ECMO, adaptado de Hofheinz et al.⁴⁰, Toh et al.³² y Farr et al.³⁵.

Conclusiones

Los pacientes pediátricos críticamente enfermos que reciben terapia de ECMO tienen unos requerimientos nutricionales específicos, así como un incremento en el riesgo de desnutrición intrahospitalaria. Es imperativa una correcta evaluación nutricional en esta gama de pacientes para identificar aquellos que se beneficiarían de un soporte nutricional prematuro, y si bien reconocemos la escasez de evidencia sólida en el campo de la nutrición en ECMO pediátrica, nuestra revisión de la literatura sugiere la seguridad de la NE temprana de bajo volumen y la necesidad de una evaluación precisa de los requerimientos nutricionales, disminuyendo así la morbilidad pediátrica.

Agradecimientos

Los autores agradecen al departamento de medicina interna del Hospital Civil de Guadalajara Fray Antonio Alcalde.

Financiamiento

La presente investigación no ha recibido patrocinio de agencias de los sectores público, comercial o sin ánimo de lucro.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. El estudio no involucra datos personales de pacientes ni requiere aprobación ética. No se aplican las guías SAGER.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial. Los autores declaran que no utilizaron algún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción de este manuscrito.

Referencias

1. Jenks CL, Raman L, Dalton HJ. Pediatric extracorporeal membrane oxygenation. *Crit Care Clin*. 2017;33:825-41.
2. Murphy HJ, Finch CW, Taylor SN. Neonatal extracorporeal life support: a review of nutrition considerations. *Nutr Clin Pract*. 2018;33:625-32.
3. Roeleveld PP. What is new in pediatric ECMO? 2016, a year in review. *Eur J Heart Fail*. 2017;19:92-6.
4. Fallon BP, Gadepalli SK, Hirschl RB. Pediatric and neonatal extracorporeal life support: current state and continuing evolution. *Pediatr Surg Int*. 2021;37:17-35.
5. Erdil T, Lemme F, Konetzka A, Cavigelli-Brunner A, Niesse O, Dave H, et al. Extracorporeal membrane oxygenation support in pediatrics. *Ann Cardiothorac Surg*. 2019;8:109-15.
6. Zebuhr C, Sinha A, Skillman H, Buckvold S. Active rehabilitation in a pediatric extracorporeal membrane oxygenation patient. *PM&R*. 2014;6:456-60.
7. Barton R, Ignjatovic V, Monagle P. Anticoagulation during ECMO in neonatal and paediatric patients. *Thromb Res*. 2019;173:172-7.
8. Di Nardo M, Wildschut ED. Drugs pharmacokinetics during veno-venous extracorporeal membrane oxygenation in pediatrics. *J Thorac Dis*. 2018;10(Suppl 5):S642-52.
9. Anton-Martin P, Papacostas M, Lee E, Nakonezny PA, Green ML. Underweight status is an independent predictor of in-hospital mortality in pediatric patients on extracorporeal membrane oxygenation. *J Parenter Enter Nutr*. 2018;42:104-11.
10. Rice-Townsend SE, Aldrink JH. Controversies of enteral nutrition in select critically-ill surgical patients: traumatic brain injury, extracorporeal life support, and sepsis. *Semin Pediatr Surg*. 2019;28:47-52.

11. Wong JJM, Han WM, Sultana R, Loh TF, Lee JH. Nutrition delivery affects outcomes in pediatric acute respiratory distress syndrome. *J Parenter Enter Nutr.* 2017;41:1007-13.
12. Bechard LJ, Duggan C, Touger-Decker R, Parrott JS, Rothpletz-Puglia P, Byham-Gray L, et al. Nutritional status based on body mass index is associated with morbidity and mortality in mechanically ventilated critically ill children in the PICU. *Crit Care Med.* 2016;44:1530-7.
13. Armstrong LB, Ariagno K, Smallwood CD, Hong C, Arbutnot M, Mehta NM. Nutrition delivery during pediatric extracorporeal membrane oxygenation therapy. *J Parenter Enter Nutr.* 2018;42:1133-8.
14. De Souza Menezes F, Leite HP, Koch Nogueira PC. Malnutrition as an independent predictor of clinical outcome in critically ill children. *Nutrition.* 2012;28:267-70.
15. Paden ML, Rycus PT, Thiagarajan RR. Update and outcomes in extracorporeal life support. *Semin Perinatol.* 2014;38:65-70.
16. Green Corkins K. Nutrition-focused physical examination in pediatric patients. *Nutr Clin Pract.* 2015;30:203-9.
17. Jaksic T, Hull MA, Modi BP, Ching YA, George D, Compher C. A.S.P.E.N. clinical guidelines: nutrition support of neonates supported with extracorporeal membrane oxygenation. *J Parenter Enter Nutr.* 2010;34:247-53.
18. Mehta NM, Skillman HE, Irving SY, Coss-Bu JA, Vermilyea S, Farrington EA, et al. Guidelines for the provision and assessment of nutrition support therapy in the pediatric critically ill patient: Society of Critical Care Medicine and American Society for Parenteral and Enteral Nutrition. *J Parenter Enter Nutr.* 2017;41:706-42.
19. Tume LN, Valla FV, Floh AA, Goday P, Jotterand Chaparro C, Larsen B, et al. Priorities for nutrition research in pediatric critical care. *J Parenter Enter Nutr.* 2019;43:853-62.
20. Becker P, Carney LN, Corkins MR, Monczka J, Smith E, Smith SE, et al. Consensus statement of the Academy of Nutrition and Dietetics/American Society for Parenteral and Enteral Nutrition: indicators recommended for the identification and documentation of pediatric malnutrition (undernutrition). *Nutr Clin Pract.* 2015;30:147-61.
21. McCarthy H, Dixon M, Crabtree I, Eaton-Evans MJ, McNulty H. The development and evaluation of the Screening Tool for the Assessment of Malnutrition in Paediatrics (STAMP©) for use by healthcare staff. *J Hum Nutr Diet.* 2012;25:311-8.
22. Lee YJ. Nutritional screening tools among hospitalized children: from past and to present. *Pediatr Gastroenterol Hepatol Nutr.* 2018;21:79-85.
23. White M, Lawson K, Ramsey R, Dennis N, Hutchinson Z, Soh XY, et al. Simple nutrition screening tool for pediatric inpatients. *J Parenter Enter Nutr.* 2016;40:392-8.
24. Guo S, Roche AF, Fomon SJ, Nelson SE, Chumlea WC, Rogers RR, et al. Reference data on gains in weight and length during the first two years of life. *J Pediatr.* 1991;119:355-62.
25. World Health Organization. Data for patients <2 years old. Disponible en: http://www.who.int/childgrowth/standards/w_velocity/en/index.html
26. Bouma S. Diagnosing Pediatric Malnutrition. *Nutr Clin Pract.* 2017 Feb;32(1):52-67.
27. Mehta NM, Corkins MR, Lyman B, Malone A, Goday PS, Carney LN, et al. Defining pediatric malnutrition: a paradigm shift toward etiology-related definitions. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2013 Jul;37(4):460-81.
28. Ong C, Mok YH, Tan ZH, Lim CYS, Ang B, Tan TH, et al. Nutritional practices and adequacy in children supported on extracorporeal membrane oxygenation. *Clin Nutr ESPEN.* 2018;26:21-6.
29. Zonies D, Codner P, Park P, Martin ND, Lissauer M, Evans S, et al. AAST Critical Care Committee clinical consensus: ECMO, nutrition. *Trauma Surg Acute Care Open.* 2019;4:1-7.
30. Lee AE, Munoz E, Al Dabbous T, Harris E, O'Callaghan M, Raman L. Extracorporeal Life Support Organization guidelines for the provision and assessment of nutritional support in the neonatal and pediatric ECMO patient. *ASAIO J.* 2022;68:875-80.
31. Murphy HJ, Selewski DT. Nutrition considerations in neonatal extracorporeal life support. *Neoreviews.* 2021;22:e382-91.
32. Toh TSW, Ong C, Mok YH, Mallory P, Cheifetz IM, Lee JH. Nutrition in pediatric extracorporeal membrane oxygenation: a narrative review. *Front Nutr.* 2021;8:666464.
33. Kaplan MC, Heath TS. Evaluation of calcium homeostasis and dietary supplementation for pediatric and neonatal patients receiving extracorporeal membrane oxygenation support. *J Pediatr Pharmacol Ther.* 2019;24:27-33.
34. Zakhary B, Shekar K, Diaz R, Badulak J, Johnston L, Roeleveld PP, et al. Position paper on global extracorporeal membrane oxygenation education and educational agenda for the future: a statement from the Extracorporeal Life Support Organization ECMOed taskforce. *Crit Care Med.* 2020;48:406-14.
35. Farr BJ, Rice-Townsend SE, Mehta NM. Nutrition support during pediatric extracorporeal membrane oxygenation. *Nutr Clin Pract.* 2018;33:747-53.
36. Ong C, Mok YH, Tan ZH, Lim CYS, Ang B, Tan TH, et al. Nutritional practices and adequacy in children supported on extracorporeal membrane oxygenation. *Clin Nutr ESPEN.* 2018;26:21-6.
37. Greathouse KC, Sakellaris KT, Tumin D, Katsnelson J, Tobias JD, Hayes D, et al. Impact of early initiation of enteral nutrition on survival during pediatric extracorporeal membrane oxygenation. *J Parenter Enter Nutr.* 2018;42:205-11.
38. Berry KG, Seiple SM, Stellar JJ, Nagle ML, Curry K, Immel A, et al. A scoping review to inform a multi-disciplinary approach for nutrition therapy in critically ill children with pressure injuries. *Transl Pediatr.* 2021;10:2799-813.
39. Desmarais TJ, Yan Y, Keller MS, Vogel AM. Enteral nutrition in neonatal and pediatric extracorporeal life support: a survey of current practice. *J Pediatr Surg.* 2015;50:60-3.
40. Hofheinz SB, Núñez-Ramos R, Germán-Díaz M, Melgares LO, Arroba CMA, López-Fernández E, et al. Which is the best route to achieve nutritional goals in pediatric ECMO patients? *Nutrition.* 2022;93:111497.
41. Robledo-Valdez M, Carrera-Quintanar L, Morante-Ruiz M, Pérez-de-Acha-Chávez A, Cervantes-Guevara G, Cervantes-Cardona GA, et al. Medical nutrition therapy in patients receiving extracorporeal membrane oxygenation: knowledge in progress. *Arch Cardiol Mex.* 2023;93:348-54.