

Cuidado y manejo del paciente pediátrico en oxigenación por membrana extracorpórea veno-arterial (ECMO-VA)

Lo que debe saber la Enfermera de Cuidados Críticos

Dorothy M Beke, MS, RN, CPNP-PC/AC, Boston Children's Hospital
Svetlana Streltsova, MSN, RN, CCRN, Morgan Stanley Children's Hospital of NY Presbyterian
Victoria Winter, RN, MSN, CCRN, Children's Hospital of Los Angeles and Azusa Pacific University
School of Nursing
Jenna Murray, MSN, RN, PCNP-AC, Lucile Packard Children's Hospital, Stanford
Kaye Remo, RN, University of California, San Francisco Benioff Children's Hospital

Original Translation

Natalia Fernández, Literary Scientific Translator, Associate Directorate of Teaching and Research,
Pediatric Hospital Prof. Dr. Juan P. Garrahan, Argentina
Maria Balestrini, MD, Pediatric Hospital Prof. Dr. Juan P. Garrahan, Argentina

Translation Review

Saul Flores MD, FAAP, FACC, Cardiac Intensive Care Unit, Section of Critical Care, Texas Children's
Hospital, Assistant Professor of Pediatrics, Baylor College of Medicine
Fabio Savorgnan, MD, FAAP, FACC, Cardiac Intensive Care Unit, Section of Critical Care, Texas
Children's Hospital, Assistant Professor of Pediatrics, Baylor College of Medicine
Isaura Diaz, MD, FAAP, Cardiac Intensive Care Unit, Division of Critical Care, Monroe Carrell Jr
Children's Hospital at Vanderbilt, Assistant Professor of Pediatrics, Vanderbilt University School of
Medicine

Introducción:

El Soporte Vital Extracorpóreo (ECLS) es una modalidad de soporte circulatorio mecánico de uso prolongado. La Organización de Soporte Vital Extracorpóreo (ELSO) registra informes de variabilidad considerable en la sobrevida relacionada a las diferencias entre diagnóstico anatómico, procedimiento quirúrgico e iniciación de ECMO entre las instituciones que usan ECMO. Esta variabilidad en los resultados refleja las diferencias en la selección de pacientes, tiempo de canulación de ECMO y manejo de ECMO.

Puntos críticos del pensamiento para la iniciación de ECMO-VA:

- Indicaciones generales:
 - Falla respiratoria
 - Falla del miocardio
 - Soporte iniciado durante resucitación cardiopulmonar (RCP) o ECRP (Colangio pancreatografía retrógrada endoscópica)
 - Puente al dispositivo de asistencia ventricular (DAV), trasplante o decisión de trasplante de corazón o pulmón
- Contraindicaciones:
 - Pronóstico pobre a causa de enfermedad primaria
 - Enfermedad irreversible
 - Falla multisistémica avanzada
 - Hemorragia
 - Lesión neurológica severa

- Prematurez (<34 semanas de gestación)
- Extremos en talla y peso
- Indicaciones para la iniciación:
 - Falla cardíaca o respiratoria progresiva a pesar del incremento del soporte cardíaco y/o respiratorio
 - Aporte inadecuado de oxígeno
 - Acidosis progresiva y niveles de lactato sérico en aumento
 - Signos de disfunción de órganos terminales incluyendo salida por orina inadecuada
 - Colapso cardiovascular inminente o paro cardíaco sin respuesta a la resucitación

Preparación para canulación electiva

- Acceso venoso seguro (central de ser posible) para administración de medicaciones y volumen con vía de infusión extendida más allá del campo estéril

- Fijar el tubo endotraqueal (TET) para evitar desprendimiento
- Fijar el acceso a la vía arterial para drenaje sanguíneo si es posible durante el procedimiento
- Asegurar que el equipamiento se encuentre listo y cerca:
 - Carro mediastinal
 - Circuito principal de ECMO con los catéteres arteriales y venosos de tamaños adecuados
 - Cauterización con apósitos ubicados cerca del pacientes
 - Marcapasos externo conectado a cables y accesible en un campo estéril
 - Desfibrilador y apósitos (+/- tabletas internas para canulación central)
 - Luces quirúrgicas centrales según sea indicado
- Productos de fluidos y sanguíneos disponibles en la cabecera de la cama
- Carro de emergencias accesible con medicaciones de emergencias listas y disponibles
- Bolos de Heparina disponibles para la canulación (50-100 unidades/kg, 500 unidades máximo)
- Infusiones inotrópicas en la vía, listas para el uso según sea indicado (dopamina, epinefrina)
- Paciente en posición apropiada para la canulación y preparado para procedimiento estéril utilizando las máxima cantidad de barreras estériles
- Tabla de RCP debajo del paciente según sea indicado
- Personal adecuado para brindar apoyo:
 - Cirujano cardíaco (y apoyo de personal quirúrgico si está disponible)
 - Perfusionista de ECMO
 - Médicos terapistas
 - Enfermeras terapistas
 - Terapista respiratorio
 - Banco de sangre
- Garantizar la seguridad con la canulación y considerar "pausa quirúrgica" para la fijación de la cánula arterial y venosa.

ECMO RCP (ECPR)

- Paro presenciado con buen pronóstico a causa de enfermedad primaria
- Toma de decisión rápida para canular sin respuesta a RCP convencional
- Notificación y accesibilidad rápida del personal adecuado (como se describió más arriba)
- Considerar hipotermia leve para protección neurológica
- RCP efectiva con compresiones torácicas adecuadas e interrupciones mínimas de las compresiones
- Minimizar el tiempo de la canulación y una vez canulado, asegurar el flujo de ECMO adecuado y perfusión de órganos terminales
- Despejar el circuito principal si los productos sanguíneos no están listos y disponibles

Anticoagulación y Hemostasia

- Los eventos de *sangrado* y *trombosis* (paciente o circuito) son muy comunes
 - El sangrado puede surgir de los sitios de canulación o vísceras
 - La trombosis puede ser causada por la activación de contacto de la cascada de coagulación durante la interacción de superficie sangre-prostésico
 - En ciertos casos se indica consulta con Hematología /Coagulación
 - Se debe considerar la edad en relación a las diferencias en la coagulación (Ver Guía de Anticoagulación Pediátrica)
- La Heparina no fraccionada (UFH) es lo que se utiliza más frecuentemente para la anticoagulación
 - La antitrombina III (AT) administrada de manera inadecuada puede minimizar el efecto de la heparina a pesar de la dosis terapéutica
 - Los niveles normales de AT varían según la edad (los neonatos tienen niveles menores de AT) pero en general se los debe mantener alrededor del 80-120%
 - Reemplazar, según indican las guías institucionales, con Trombina III, AT recombinantes o plasma fresco congelado (PFC)
 - Bolos de heparina de 50-100 unidades/kg (máximo de 5000 unidades) para la canulación según lo indicado
 - Los pacientes con sangrado pueden requerir dosis más pequeñas
 - Ajuste de la infusión de heparina para mantener los rangos deseados según las guías institucionales y por valoración específica institucional para mantener la anticoagulación (10-50 unidades/kg/hrs)
- Pruebas comunes de anticoagulación/ niveles basados en protocolos institucionales
 - Tiempo de coagulación activado (ACT)
 - Evaluación completa de la coagulación sanguínea
 - Valores normales: 80-160 segundos
 - Valores ECMO: 180-240 segundos
 - Tiempo de tromboplastina parcial activado (TPT)
 - Evaluación del camino intrínseco
 - Valores normales: 30-40 segundos
 - Valores ECMO: 1.5 x normal
 - Niveles de anti-factor Xa
 - Evaluación de la actividad de coagulación
 - Valores de ECMO: 0.35-0.71 unidades/ml
 - Tromboelastografía (TEG)
 - Evaluación total de la coagulación de la sangre, fibrinólisis y actividad de las plaquetas
- Estrategias para prevenir trombosis
 - Monitorear el circuito por signos tempranos de trombos especialmente en estados febriles
 - Optimizar la anticoagulación

- Aumentar la anticoagulación durante estados de flujo lento (por ej., durante el destete)
- Estrategias para tratar el sangrado en ECMO
 - Administrar productos sanguíneos según lo indicado en los protocolos institucionales
 - Plaquetas por nivel <100K
 - Glóbulos rojos sedimentados para hematocrito <35%
 - Nivel crioprecipitado para fibrinógeno <100-150 mg/dl
 - Plasma fresco congelado (FFP) para tiempo de protrombina > 17 segundos
 - Considerar agentes antifibrinolíticos
 - Para pacientes con fibrinólisis o sangrado quirúrgico
 - Debería estar disponible el acceso rápido a un nuevo circuito ECMO para pacientes con interrupción de anticoagulación terapéutica y que reciben agentes procoagulantes debido a la alta incidencia de falla del circuito por coágulo inducido
 - Administrar según protocolo institucional:
 - Ácido épsilon-aminocaproico (adecuar para disfunción renal)
 - Ácido tranexámico (adecuar para disfunción renal)
 - Factor III (alto riesgo de falla del circuito)

Estabilización post-canulación

- Asegurar el flujo adecuado de ECMO (en general ~100 ml/kg/min)
- Ajustar soporte hemodinámico según sea indicado
- Ajustar soporte de ventilación mecánica según sea indicado
- Evaluar perfusión tisular y disfunción de órganos terminales
 - Evaluar signos vitales y hemodinamia
 - Evaluar estudios de laboratorio:
 - ABG
 - Lactato
 - SaO₂
 - Función hepática
 - Función renal
 - Estudios hematológicos (CBC, plaquetas, PT, PTT, fibrinógeno, ATIII)
 - Realizar RX para evaluar la posición de la cánula
 - Examen físico
 - Evaluación del estado neurológico
 - Evaluación de perfusión de extremidades con canulación femoral
- Corregir los valores hematológicos anormales y administrar productos sanguíneos según sea indicado
 - Monitorear y tratar el sangrado
 - Evaluar por taponamiento cardíaco según se indica para canulación por esternotomía abierta

- Evaluar descompresión de hipertensión auricular izquierda (AI) y ventricular izquierda (VI)
 - Ecocardiograma según sea indicado
 - Manejo de hipertensión AI según sea indicado
 - Colocación de vent AI para canulación por esternotomía abierta
 - Shunt intra auricular por técnica transcatóter
- Manejo del fluido e iniciación de ultrafiltración cuando sea necesario
- Evaluación de causas reversibles de descompensación según lo indicado
 - Ecocardiograma
 - Estudios de laboratorio
 - Exploración torácica según lo indicado
 - Cateterización cardiaca y/o intervención quirúrgica según lo indicado

Manejo de rutina

- Neurológico
 - Monitorear el tamaño e igualdad de las pupilas como así también la respuesta de las pupilas a la luz
 - Monitorear el nivel de consciencia (LOC) usando la escala de Glasgow
 - Para neonatos y bebés monitorear tamaño e integridad de la fontanela anterior
 - Observar cualquier signo de convulsión, monitorear con electroencefalograma si es indicado
 - Monitorear la temperatura del paciente
 - Evitar hipotermia significativa para prevenir alteración del sistema de coagulación y aumento de la resistencia vascular sistémica
 - Evitar hipertermia
 - Ecografía de cabeza para bebés, de ser posible antes de la canulación, ecografía de cabeza de rutina según el protocolo institucional
 - Consulta neurológica temprana y seguimiento según protocolo institucional
- Cardiovascular
 - Monitoreo cardiaco continuo y evaluación frecuente de electrocardiograma, ritmo, ruidos cardíacos, tiempo de relleno capilar, pulsos periféricos, signos de edema,
 - Evaluación de perfusión periférica con canulación femoral
 - Monitorear la presión arterial media ya que las formas de las ondas disminuyen generalmente con el flujo lleno
 - Evaluar coágulos VI con ausencia de pulsatilidad
 - Evaluar retorno de pulsatilidad cuando descienda el ritmo del flujo y con aumento de la contractibilidad del miocardio
 - Mantener precarga cardiaca adecuada con accesibilidad al volumen
 - Evitar aumento de RVS asociada a la hipotermia, agentes inotrópicos excesivos, taponamiento, problemas con el circuito y estrés
 - Brindar post-carga reduciendo las medicaciones según lo indicado
 - Uso juicioso de agentes inotrópicos para promover la contractibilidad cardiaca según lo indicado

- Las saturaciones cerebrales/ esplénicas pueden ser monitoreadas con el uso de Espectroscopio infrarrojo cercano (NIRS) que puede ser de ayuda en cambios de tendencia en el consumo y entrega de oxígeno
- Pulmonar
 - Disminución de los niveles ventilatorios para permitir el descanso pulmonar (esto puede incluir disminución en los niveles de IMV, PIP, PEEP y FiO2 según sea apropiado de acuerdo a las indicaciones del paciente)
 - Mantener la capacidad residual funcional (CRF) para facilitar la oxigenación del flujo sanguíneo pulmonar sin sobre ventilar los pulmones.
 - Realizar evaluación respiratoria cada hora y cuando sea necesario incluyendo evaluación de sonidos respiratorios, aireación, trabajo respiratorio, movimiento torácico, presencia de cianosis y secreciones (tubo endotraqueal, secreciones orales/nasales).
 - Toilete pulmonar moderada para evitar sangrado.
 - Des ser posible, evitar relajantes musculares para promover el esfuerzo respiratorio intrínseco del paciente.
- Gastrointestinal
 - Medir el contorno abdominal según lo indicado y evaluar presencia de sonidos intestinales, distensión abdominal y cualquier sensibilidad o firmeza en la palpación.
 - Evaluar drenaje gástrico y deposiciones, y monitorear por sangrado.
 - Medicaciones de bloqueo de H2 como ranitidina según lo indicado.
 - Brindar nutrición parenteral según sea indicado y promover la alimentación enteral temprana.
- Fluido y Nutrición
 - Evaluar salida por orina cada hora y monitoreo de rutina de función renal y electrolitos.
 - La oliguria y necrosis tubular aguda (ATN) son comunes durante las primeras 24 a 48 horas asociadas con filtración capilar y depleción del volumen intravascular relacionado con reacción inflamatoria aguda por ECMO.
 - La fase diurética comienza en general dentro de las 48 horas y es uno de los primeros signos de recuperación.
 - Diuréticos y dopamina para promover la diuresis.
 - Se puede agregar hemofiltración o hemodiálisis al circuito ECMO si la falla renal no mejora.
- Infección
 - Los indicadores habituales de sepsis son pocos confiables en ECMO ya que las plaquetas son rutinariamente destruidas por el circuito y la temperatura es controlada por el intercambiador de calor.
 - Evaluar signos y síntomas de infección incluyendo, pero no limitado por: inestabilidad de glucosa, vasodilatación periférica o vasoconstricción, signos de infección del sitio de incisión y/o del acceso central.
 - Monitoreo de rutina de hemograma completo con diferencial.
 - Antibióticos y profilaxis micótica según protocolo institucional.

- Vigilancia de cultivos según sea indicado basado en los protocolos institucionales.
- Dolor y sedación
 - Evitar movimiento excesivo ya que puede provocar el desplazamiento de la cánula o sangrado en el sitio de la cánula.
 - Administrar analgesia y sedación según sea apropiado para promover el confort y minimizar el estrés (morfina, benzodiacepinas).
 - Minimizar el uso de relajantes musculares farmacológicos para evaluar el estado neurológico y promover el esfuerzo respiratorio espontáneo.
- Educación familiar

Evaluar el nivel de educación de los padres, la predisposición por aprender y brindar información según sea apropiado.

Utilizar recursos de soporte incluyendo trabajo social, especialista en recreación terapéutica infantil y psiquiatría según sea indicado.

- Piel e inmovilidad
 - Cambio suave de la posición cada dos horas y según necesidad y tolerancia
 - Utilizar presión reduciendo superficies según lo indicado (por ej., almohadillas de gel para ubicar debajo de la cabeza del bebé) y monitorear posibles úlceras por presión.
 - Utilizar recursos apropiados para el manejo de cánulas y circuito durante los cambios de posición del paciente.
 - Mantener la alineación del cuerpo según lo indicado (y evitar neuropatía con canulación femoral).

Complicaciones

- Sangrado
- Eventos trombo-embolíticos
- Lesiones neurológicas
- Infección
- Disfunción renal

Consideraciones especiales

- ECMO y fisiología de ventrículo único (VU)
 - Manejo de Qp:Qs – potencial deslizamiento aórtico vía BTS a lecho pulmonar causando sobre circulación pulmonar y perfusión sistémica inadecuada; manejo para:
 - Mantener flujo sistémico adecuado
 - Minimizar RVS
 - Evitar hipotermia excesiva
 - Minimizar altas dosis de agentes inotrópicos vasoconstrictores
 - Aumentar el flujo de ECMO (>150 ml/kg/hora) según sea indicado
 - Restricción del flujo vía BTS con clip quirúrgico
 - Soporte de ECMO para Norwood con conducto VS-AP (modificación “Sano”)
 - Mantener flujo sistémico adecuado
 - Descompresión adecuada del ventrículo

- Monitorear permeabilidad del conducto (trombos o isquemia)
 - Soporte de ECMO para pacientes con shunt cardiopulmonar
 - Factores de riesgo por resultados pobres:
 - Función ventricular comprometida
 - Retorno venoso sistémico inadecuado
 - Hipertensión venosa sistémica crónica en presencia de bajo gasto cardíaco
 - Perfusión cerebral inadecuada
 - Perfusión sistémica inadecuada
 - Bidireccional de Glenn (BDG)
 - Se requiere de dos cánulas venosas para mantener el flujo adecuado y descompresión venosa
 - Descompresión de vena cava superior (VCS) para evitar hipertensión venosa cerebral prolongada
 - Descompresión de vena cava inferior (VCI) para evitar hipertensión venosa sistémica
 - Mayor flujo de ECMO según lo indicado en presencia de colaterales aorto-pulmonares (CAP)
 - Fontán
 - Puede requerir VCS y canulación de VCI para un flujo adecuado y descompresión del sistema venoso
 - Mayor flujo de ECMO según lo indicado en presencia de CAP
- ECMO Venovenoso (VV)
 - Circulación ECMO VV
 - ECMO VV remueve la sangre desde una vena grande y retorna la sangre oxigenada a la aurícula derecha
 - Bebés – se coloca una cánula de doble lumen en la vena yugular interna derecha donde se recoge la sangre y retorna a la aurícula derecha
 - Pacientes más grandes – dos cánulas venosas pueden ser colocadas, en la vena yugular interna y vena femoral, la sangre regresa a la circulación venosa central.
 - Solo soporte pulmonar
 - Entrega sangre altamente oxigenada y saturada al lado venoso del corazón.
 - Alta concentración de oxígeno a los pulmones.
 - Mejora la oxigenación de arterias coronarias – mejora la función VD
 - Debe ser adecuada la función cardíaca de nacimiento.
 - La causa más común de disfunción del miocardio en neonatos es la falla respiratoria.
 - Alcanza PaO₂ más bajo que ECMO-VA
 - Requiere ritmo de flujo más alto
 - Elevado pO₂ venoso mezclado

- Ventajas
 - Prescinde de arteria carótida
 - Flujo pulsátil mantenido
 - Mantiene el flujo pulmonar normal
 - Menor posibilidad de daño neurológico ya que los coágulos son atrapados por la vasculatura pulmonar
 - Sin “atontamiento” cardíaco
- Desventajas
 - Sin apoyo cardíaco
 - Se puede requerir de reposicionamiento de cánula
 - Posible necesidad de apoyo inotrópico, RCP y conversión a soporte ECMO-VA en caso de descompensación cardiovascular
 - Soporte de ECMO en caso de descompensación cardiovascular
 - Se puede requerir de tiempo de canulación prolongado
 - Heridas en la ingle, posibles inflamaciones/ complicaciones en la pierna
- Insuficiencia respiratoria luego de la cirugía cardíaca
 - Falla respiratoria atribuida a:
 - Anestesia
 - Hipotermia
 - Bypass cardiopulmonar, inflamación sistémica, isquemia pulmonar, lesión por reperfusión
 - Medicaciones, reacción adversa a la protamina
 - Disfunción pulmonar que conduce a aumento de permeabilidad
 - Hipertensión pulmonar
 - Edema pulmonar no cardiogénico
 - Oxigenación deficiente
 - Síndrome de dificultad respiratoria aguda
 - Iniciación en tiempo apropiado de ECMO-VV
- ECMO-VV previene daño de enfermedad pulmonar
 - Descanso pulmonar
 - Oxigenación primaria por ventilación nativa moderada, CO2 compensado por circuito de ECMO
- Complicaciones ECMO-VV
 - Esencialmente las mismas de ECMO-VA
 - Tercer espacio, edema
 - Trombocitopenia
 - Coagulopatía
 - Hemólisis
 - Hemorragia, convulsiones, coágulos
 - Infección
 - Drenaje venoso inadecuado, flujo inadecuado por hipovolemia
 - Neumotórax, hemotórax, ruptura cardíaca