

**EXPERIENCIA EN SOPORTE VITAL EXTRACORPÓREO EN LA FUNDACIÓN
CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA EN EL PERÍODO DE TIEMPO
COMPRENDIDO ENTRE MAYO DE 2007 Y MARZO DE 2009**

CLAUDIA XIMENA FLOREZ RODRIGUEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE MEDICINA
POSTGRADO CUIDADO INTENSIVO CARDIOVASCULAR PEDIATRICO
BUCARAMANGA
MAYO DE 2009**

**EXPERIENCIA EN SOPORTE VITAL EXTRACORPÓREO EN LA FUNDACIÓN
CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA EN EL PERÍODO DE TIEMPO
COMPRENDIDO ENTRE MAYO DE 2007 Y MARZO DE 2009**

CLAUDIA XIMENA FLÓREZ RODRÍGUEZ

**Trabajo de grado para optar al título de Especialización en
CUIDADO INTENSIVO CARDIOVASCULAR PEDIÁTRICO**

Director de Tesis

DR. ÁLVARO EDUARDO DURÁN HERNÁNDEZ
Jefe Departamento de Cardiocirugía Pediátrica
Fundación Cardiovascular de Colombia

Asesor Epidemiológico

DR. FEDERICO A. SILVA SIEGER
Neurólogo y Epidemiólogo Clínico
Director de Salud
Fundación Cardiovascular de Colombia

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE MEDICINA
POSTGRADO CUIDADO INTENSIVO CARDIOVASCULAR PEDIATRICO
BUCARAMANGA
MAYO DE 2009

CONTENIDO

		Pág.
	INTRODUCCIÓN	11
1.	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	12
2	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVOS GENERALES	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3.	DISEÑO Y METODOLOGÍA	14
3.1	CRITERIOS DE INCLUSIÓN	15
3.2	TÉCNICA DE ECMO-VA	15
4.	MARCO TEÓRICO	17
4.1	INDICACIONES	20
4.2	CONTRAINDICACIONES	22
4.3	ECMO EN SITUACIONES CARDIOVASCULARES PEDIÁTRICAS ESPECÍFICAS	23
4.3.1	Paciente con fisiología de ventrículo único	23
4.3.1.1	Estadio I de Norwood	23
4.3.1.2	Anastomosis Cavopulmonar Glenn y Fontan	24
4.3.2	ECMO y trasplante cardíaco	24
4.3.2.1	Pre-trasplante cardíaco	24
4.3.2.2.	Post-trasplante cardíaco	25
4.3.3	ECMO y arresto circulatorio.	26
4.3.4	ECMO y miocarditis.	27
4.4	COMPLICACIONES DEL ECMO-VA	28
4.4.1	Complicaciones Clínicas del paciente	28
4.4.1.1.	Sangrado	29

	Pág.	
4.4.1.2	Taponamiento Cardíaco	29
4.4.1.3	Síndrome de entumecimiento miocárdico	29
4.4.1.4	Hipertensión arterial	30
4.4.1.5	Neumotórax	30
4.4.1.6	Neurológicas	30
4.4.1.7	Renales	31
4.4.1.8	Infecciosas	31
4.4.2	Complicaciones mecánicas del circuito	31
5.	COMPONENTES ETICOS	32
6.	DESCRIPCION DE LAS VARIABLES	33
7.	RESULTADOS	36
8.	DISCUSIÓN	45
9.	CONCLUSIONES	49
10	RECOMENDACIONES	50
11.	BIBLIOGRAFIA	51

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características demográficas de los pacientes	36
Tabla 2. Características clínicas iniciales de los pacientes	37
Tabla 3. Diferencia entre los sobrevivientes y los no sobrevivientes	40
Tabla 4. Sobrevida por año según indicaciones en pacientes soportados con ECMO-VA	43

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Grafica 1. Canulación y Circuito de ECMO-VA	18
Grafica 2. Indicaciones para ECMO-VA de los pacientes evaluados	39
Grafica 3. Complicaciones pacientes soportados con ECMO-VA	41
Grafica 4. Sobrevida total mayo 2007 – marzo 2009, pacientes con indicación cardiaca.	42
Gráfica 5. Sobrevida en porcentajes de alta hospitalaria por año en pacientes con indicación cardiaca.	43

RESUMEN

TITULO: EXPERIENCIA EN SOPORTE VITAL EXTRACORPÓREO EN LA FUNDACIÓN CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA EN EL PERÍODO DE TIEMPO COMPRENDIDO ENTRE MAYO DE 2007 Y MARZO DE 2009.*

AUTOR: FLOREZ RODRIGUEZ CLAUDIA XIMENA**

PALABRAS CLAVE: ECMO, membrana de oxigenación extracorpórea, cardiovascular, pediátrico.

DESCRIPCIÓN:

La membrana de oxigenación extracorpórea veno-arterial (ECMO-VA) brinda apoyo temporal a la función cardíaca y pulmonar, mientras estos órganos se recuperan. Cuando otras formas de tratamiento fallan se considera su utilización⁽¹⁾. La organización de soporte de vida extracorpóreo (ELSO) encuentra que pacientes cardiovasculares pediátricos contribuyen con el 29 % del total de casos de ECMO hasta el 2004⁽²⁾. Se describe la experiencia del uso institucional de esta técnica entre mayo del 2007 y marzo del 2009.

Estudio descriptivo, retrospectivo. Los datos están expresados en mediana y su rango intercuartílico. 20 pacientes fueron soportados, 13(65%) masculinos; la edad 8 meses y el peso 7,2 kilos. Las indicaciones fueron: Respiratorias 4 y Cardíacas 16. El tiempo en ECMO-VA fue de 54.4 (28-89) horas. Las complicaciones más frecuentes fueron sangrado en 18 pacientes (90%) y falla renal en 11 (55%). La sobrevida a la decanulación y al alta hospitalaria en los pacientes con indicación cardíaca fue de 43.7% y 31.2%. Ninguno de los pacientes con indicación respiratoria sobrevivió.

Conclusiones: El ECMO-VA es una terapia válida en nuestro medio que permite aumentar la sobrevida de pacientes críticos cuando otras estrategias han fallado. El trabajo en equipo y la mejoría en la oportunidad de la indicación, permitió aumentar la sobrevida al egreso hospitalario de 12.5% en el primer año al 50% en el segundo año en los pacientes con indicación cardíaca, equiparando los resultados que reporta la estadística mundial.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Medicina, Facultad de Salud, Especialización en Cuidado Intensivo Cardiovascular Pediátrico. DURÁN HERNÁNDEZ, Álvaro.

SUMMARY

TITLE: EXPERIENCE IN VENOARTERIAL EXTRACORPOREAL MEMBRANE OXYGENATION IN THE FUNDACION CARDIOVASCULAR DE COLOMBIA FROM MAY 2007 TO MARCH 2009.*

AUTHOR: FLOREZ RODRÍGUEZ CLAUDIA XIMENA**

KEY WORDS: ECMO, extracorporeal membrane oxygenation, cardiovascular, paediatric.

DESCRIPTION;

Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation (VA-ECMO) provides temporary support to the cardiac and pulmonary function while these organs are recovered. Its utilization is considered when other forms of treatment fail ⁽¹⁾. The extracorporeal life support organization (ELSO) found that paediatric cardiovascular patients contribute with the 29% of the total cases of ECMO until 2004⁽¹⁾. The institutional experience of using this technique between May 2007 and March 2009 is described.

Descriptive and retrospective study. Data is expressed as median and interquartile range. 20 patients were studied, 13 (65%) were male; 8 months age and weight 7.2 kilograms. The indications were: respiratory 4 and cardiac 16. The time in VA-ECMO was 54.4 (28-89) hours. The most frequent complications were: bleeding in 18 patients (90%) and renal failure in 11 (55%). Survival to decannulation and to the hospital discharge was 43.7% and 31.2%. None of the patients with respiratory indication survived.

Conclusions: VA-ECMO is a feasible therapy in our environment increasing the survival of critically ill patients when other strategies have failed. Teamwork and improvement in the timeliness of indications increased survival from 12.5% in the first year to 50% in the second year within patients with cardiac indication, comparing these results with the global statistics.

* Grade Work

** Industrial University of Santander. Health Faculty of Sciences. Intensive Cardiovascular Pediatric Care. DURAN HERNANDEZ, Álvaro

INTRODUCCIÓN

El soporte con membrana de oxigenación extracorpórea veno-arterial (ECMO-VA) brinda apoyo temporal a la función cardíaca y pulmonar, mientras estos órganos se recuperan. En 1976 se reportó el primer sobreviviente a ECMO neonatal⁽¹⁾, un recién nacido a término con síndrome de aspiración de meconio, desde entonces esta terapia se ha venido utilizando cada vez con mayor frecuencia. La Organización de Soporte de Vida Extracorpóreo, ELSO, creada desde 1989 para llevar el registro de los pacientes que utilizan esta terapia, en el año 2009 reportó un total de 38.994 pacientes tratados⁽³⁾.

La Fundación Cardiovascular de Colombia es una institución de cuarto nivel en atención en salud, centro de referencia nacional para la atención de pacientes con patología cardíaca congénita compleja y pionera en la implementación de soporte vital extracorpóreo en el país. Inició el programa de ECMO-VA en mayo del 2007, buscando disminuir la mortalidad de pacientes críticos en los que las medidas convencionales de manejo habían fallado.

Este es un estudio descriptivo, retrospectivo que revisa la experiencia institucional en los primeros dos años de establecido el programa. Se exponen los resultados determinando entre otras variables, las indicaciones para el inicio del soporte, las complicaciones más frecuentes y la sobrevida alcanzada, siendo estas las más importantes para el proceso de autoevaluación. Con los resultados obtenidos, se espera lograr generar medidas que mejoren y agilicen la curva de aprendizaje en la implementación de esta técnica de alta complejidad. Adicionalmente este estudio, que se realiza con los pocos pacientes que hasta ahora se han soportado con ECMO-VA, pretende ser un estudio piloto para futuras investigaciones en el tema.

1. PREGUNTA DE INVESTIGACION

Cuáles son los resultados de la implementación del programa de soporte cardiopulmonar con membrana de oxigenación extracorpórea veno-arterial (ECMO-VA) en la Fundación Cardiovascular de Colombia en el período comprendido entre mayo de 2007 y marzo de 2009?

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Describir la experiencia del uso institucional del ECMO-VA en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos (UCIP) en la Fundación Cardiovascular de Colombia en el período de tiempo comprendido entre mayo de 2007 y marzo de 2009.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir las características demográficas de los pacientes soportados con ECMO-VA.
- Describir las características clínicas de los pacientes soportados con ECMO-VA.
- Describir las indicaciones del soporte con ECMO-VA en los pacientes.
- Determinar el tiempo en minutos de instauración del ECMO-VA.
- Determinar cuánto tiempo en horas estuvieron los pacientes soportados con ECMO-VA.
- Determinar el tiempo de reanimación si estuvieron en arresto.
- Describir y analizar las complicaciones clínicas como sangrado, disfunción renal, disfunción hepática, infección y daño neurológico de los pacientes durante el soporte con ECMO-VA.
- Describir las complicaciones mecánicas del ECMO-VA.
- Determinar el tiempo en días de estadía en Unidad de Cuidado Intensivo Pediátrico (UCIP) y el tiempo en días de estadía total hospitalaria.
- Determinar y analizar la sobrevida a la decanulación y la sobrevida al alta hospitalaria.

3. DISEÑO Y METODOLOGÍA

Estudio descriptivo (serie de casos), retrospectivo, sobre historias clínicas de pacientes admitidos en forma consecutiva, a quienes se les instauró ECMO-VA con indicación médica por falla cardíaca y/o respiratoria desde mayo de 2007 hasta marzo de 2009 en la Fundación Cardiovascular de Colombia.

Las variables clínicas tomadas en cuenta a la iniciación y durante el soporte con ECMO-VA fueron: edad, peso, género, diagnóstico primario, cirugía realizada, método de RACSH-1 para cada corrección quirúrgica, indicación del soporte con ECMO-VA, tiempo en minutos de instauración del ECMO-VA, tiempo en horas del soporte con ECMO-VA, tiempo en minutos de reanimación cardiopulmonar, complicaciones hemorrágicas, renales, hepáticas, neurológicas, infecciosas y mecánicas durante ECMO-VA, estadía en días en UCIP y estadía en días hospitalaria total, sobrevida a la decanulación de ECMO-VA y sobrevida al alta hospitalaria.

El estudio fue aprobado por el comité de ética en investigación de la Fundación Cardiovascular, clasificado como investigación sin riesgo dado su carácter descriptivo y el no manejo de información sensible, siendo eximido de la realización de consentimiento informado. Sin embargo, en la Fundación Cardiovascular, los pacientes al ingreso son conscientes que la información de la historia clínica puede ser utilizada con fines de investigación con la garantía de preservar la confidencialidad.

Los datos de las historias clínicas fueron almacenados en una base primaria en Excel 2004. El análisis estadístico descriptivo se realizó utilizando el programa Stata 9.0®. Los resultados se expresan en medianas y rango intercuartílico (RIC).

3.1 CRITERIOS DE INCLUSION

Se incluyeron en el análisis pacientes de manera secuencial que cumplieran con los siguientes criterios:

- Pacientes menores de 18 años.
- Pacientes que requirieron soporte con ECMO-VA por indicación clínica de acuerdo con su patología de base y criterio de los médicos tratantes, entre Mayo 2007 y Marzo 2009 en la UCIP de la Fundación Cardiovascular de Colombia.

3.2 TÉCNICA ECMO-VA

Inicialmente la técnica se modificó en varias ocasiones cambiando la clase de oxigenador, el tamaño de la tubería y los parámetros clínicos de control. A continuación se describe la técnica utilizada en el último año de experiencia. Esta información está basada en varias publicaciones^(1;4-6).

Se utiliza un circuito de ECMO con una Bioconsola Medtronic 550, como Biopump BPX-80 ó BP-50 Medtronic de acuerdo al flujo, con membrana de oxigenación Braile Biomédica ó D905 EOS para ECMO marca DIDECO Sorin Group MR, hemofiltro infantil Braile Biomédica. La canulación es realizada directamente a través del tórax en los pacientes en postoperatorio cardiovascular en la aurícula derecha la cánula venosa y en la aorta la cánula arterial, ó a través de la vena yugular interna derecha y la arteria carótida en pacientes que no estén en el postoperatorio inmediato. Se implantan cánulas de tamaño apropiado para el flujo máximo de acuerdo al peso.

El goteo de heparina se mantiene en todos los pacientes para lograr un tiempo de coagulación activado entre 180 y 200 segundos, medido de forma horaria. La administración de hemoderivados se indica hasta lograr niveles de plaquetas por

encima de 100.000, niveles de fibrinógeno por encima de 150mg/dl e INR menores de 2.5.

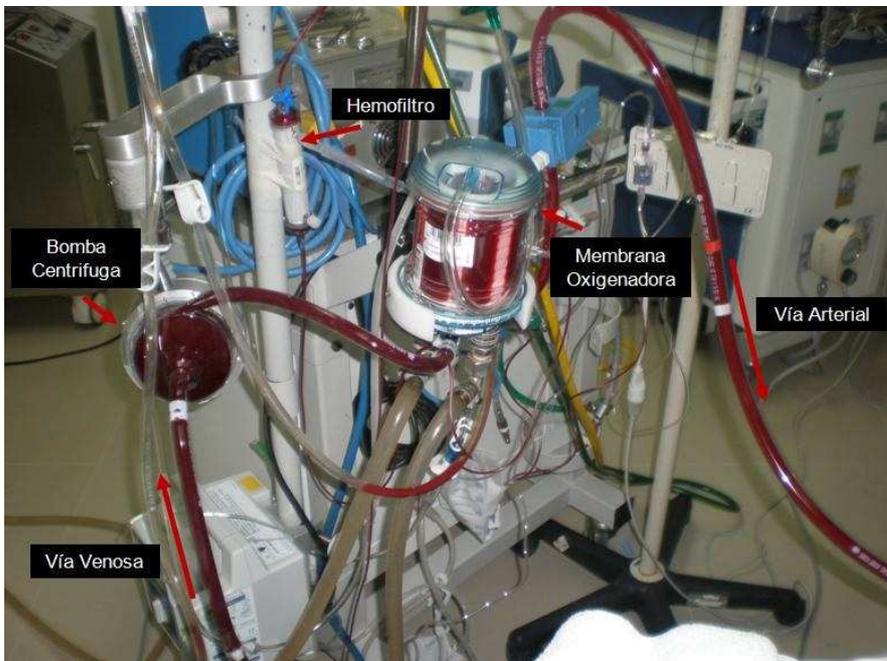
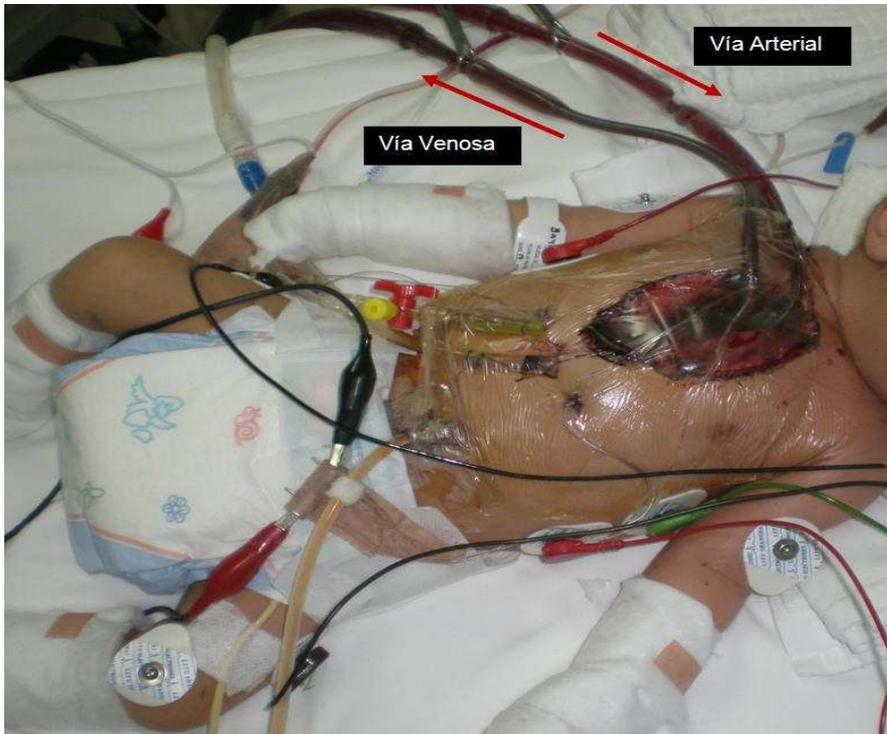
El circuito de ECMO se purga con cristaloides más glóbulos rojos en el momento que se requiere el soporte. El ECMO se inicia con flujos de 50cc/kg/min y se aumenta progresivamente hasta lograr adecuada oxigenación y/o mejoría hemodinámica con disminución de los niveles de lactato y desaparición de la acidosis, generalmente con flujos entre 80 y 150cc/kg/min. Se hacen mediciones horarias de gases arteriales y gases venosos hasta lograr estabilizar al paciente y mejorar la perfusión sistémica; después se hacen controles cada 2 horas en promedio. Se monitoriza continuamente la presión negativa a la entrada del circuito manteniendo valores entre -20 y -30mmHg y presión de salida del circuito entre 150 y 180mm Hg para evitar hemólisis.

El ventilador se mantiene con parámetros bajos: presión pico inspiratoria por debajo de 25cm de agua, presión positiva al final de la espiración entre 6 y 10 cm de agua, frecuencia respiratoria entre 10 y 15 por minuto y fracciones inspiradas de oxígeno entre 0.35 y 0.5. Un balance estricto de líquidos administrados y eliminados se realiza diariamente, además de tomar peso diario ó cada 2 días de los pacientes, intentando mantener el peso seco para la edad. La función renal y hepática se monitoriza cada 2 días en promedio. Todos los pacientes reciben nutrición parenteral total y enteral mínima de soporte. A todos se les administra antibióticos profilácticos.

4. MARCO TEÓRICO

La membrana de oxigenación extracorpórea veno-arterial (ECMO-VA) es una forma de soporte vital extracorpóreo mediante la cual las funciones de ambos, corazón y pulmones son remplazadas de manera artificial, total o parcialmente. Sólo está indicado cuando el riesgo de muerte por la enfermedad primaria a pesar del manejo convencional óptimo es superior al 80%⁽¹⁾. La sangre es drenada desde la aurícula derecha, por medio de una cánula y a través de un tubo de PVC es llevada hasta una bomba extracorpórea que puede ser centrífuga o de rodillo, luego pasa a un oxigenador donde se realiza el intercambio de oxígeno (O₂) y dióxido de carbono (CO₂), pasando por el intercambiador de calor antes de ser finalmente retornada al paciente en la aorta (ver gráfico 1). La sangre que retorna a la aorta se mezcla con la sangre proveniente del ventrículo izquierdo, la cual ha atravesado los pulmones. El contenido de O₂ y de CO₂ en la sangre arterial del paciente, representa una combinación de sangre desde estas dos fuentes y el flujo sanguíneo sistémico total es la suma de el flujo extracorpóreo más la cantidad de sangre que pasa a través del corazón y los pulmones. Si la isquemia y la disfunción miocárdica son el principal componente de la fisiología del paciente, el ECMO-VA ofrece excelente soporte.

Gráfico 1. Canulación y Circuito de ECMO-VA.



La foto situada en la parte superior muestra la canulación transtorácica en un paciente en el postoperatorio de corrección de cardiopatía congénita, la situada en la parte de abajo muestra el circuito de ECMO-VA.

El ECMO es una terapia que ha venido aumentando en pacientes con enfermedades cardiacas cuando otras formas de tratamiento fallan. En niños es difícil encontrar falla ventricular izquierda exclusiva, puesto que no tienen enfermedad coronaria y la falla ventricular derecha, la hipertensión pulmonar y la hipoxemia, frecuentemente contribuyen a la falla circulatoria; por esta razón, la utilización de otras formas de soporte circulatorio como el balón de contrapulsación aórtico y los mecanismos de asistencia ventricular izquierda tienen una aplicabilidad limitada en niños ⁽¹⁾.

Algunos pacientes requieren ECMO antes de la cirugía, usualmente por hipoxia o por hipertensión pulmonar, pero la gran mayoría lo requieren en el postoperatorio por inhabilidad para el destete de la circulación extracorpórea en salas de cirugía o por deterioro clínico en la unidad de cuidado intensivo secundario a shock cardiogénico, arresto cardiaco en la UCI o arritmia intratable⁽²⁾.

La implementación de ECMO en el paciente cardiaco es cada vez mayor en contraposición con el paciente respiratorio, esto secundario al éxito con otras terapias como la ventilación de alta frecuencia, el óxido nítrico y el remplazo de surfactante ^(7;8). La ELSO encuentra que pacientes cardiovasculares pediátricos contribuyen con el 29 % del total de casos de ECMO hasta el 2004 ⁽²⁾. Este porcentaje de niños cardiacos continúa aumentando llegando casi al 50% en algunas instituciones ⁽⁶⁾. Con respecto al soporte con ECMO-VA para indicación respiratoria, la ELSO clasifica los diagnósticos más comunes en la edad pediátrica en neumonía viral, neumonía bacteriana, neumonía por pneumocystis, neumonía por aspiración, síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA) postoperatorio o post-trauma, SDRA por otras causas y falla respiratoria por otras causas⁽³⁾.

Es importante conocer la causa de la disfunción miocárdica o respiratoria, pues el éxito en el destete de ECMO depende de la completa o parcial reversibilidad de

este proceso. El soporte con ECMO-VA sólo nos sirve para ganar tiempo mientras se resuelve la patología de base.

La sobrevida de los pacientes cardíacos es mejor si el destete se logra antes de las 72 horas, con pobres posibilidades después de 144 horas (5 días) y casi nulas después de 200 horas (8 días)^(5;9;10). Si el paciente requiere asistencia por más tiempo se deben considerar mecanismos de asistencia ventricular univentricular o biventricular según el caso y decidir el destete del ECMO preferiblemente antes de 3 - 5 días ⁽⁶⁾. Los pacientes con indicación respiratoria usualmente requieren soporte durante más tiempo, aunque generalmente por menos de 30 días^(1;3).

La ELSO en el 2000 reportó una sobrevida para pacientes cardíacos al alta hospitalaria acumulada del 42% ⁽⁹⁾, en el 2005 del 43%⁽²⁾ y en el 2009 del 46% ⁽³⁾, con tasas de destete del 60 -70%⁽²⁾. La sobrevida a largo término de estos pacientes es del 90% a los 4 años y más del 80% de estos muestran buena a excelente salud general ⁽¹¹⁾. Para pacientes respiratorios la sobrevida al alta hospitalaria se ha mantenido estable desde el año 2000, manteniéndose alrededor del 55%^(2;3;12).

4.1 INDICACIONES

Las indicaciones para ECMO-VA en paciente cardiovascular pediátrico son^(1;4-6;9;12)

- ❖ Shock cardiogénico imposible de recuperar sin un período de soporte mecánico, manifestado por:
 - Hipotensión progresiva.
 - Neonatos con Presión sistólica menor de 45mmHg.
 - Lactante con Presión sistólica menor de 55 mmHg.
 - Preescolares y escolares con presión sistólica menor de 65mmHg.
 - Pobre perfusión periférica.

- Aumento de la presión de llenado.
 - Disminución de la función renal.
 - Disminución de la Saturación venosa de oxígeno.
 - Acidosis Persistente.
- ❖ Etiología de la enfermedad cardiaca de base y descompensación presente conocidas.
 - ❖ Estado neurológico conocido (período de arresto conocido, si lo hubo).
 - ❖ Arritmia intratable.
 - ❖ Pacientes que no se pueden destetar del Bypass cardiopulmonar después de cirugía, previo ecocardiograma que descarte defectos residuales.
 - ❖ Hipertensión pulmonar no controlada con oxido nítrico, con adecuado soporte de la función miocárdica con inotropía y buenas presiones de llenado.
 - ❖ Disfunción miocárdica severa secundaria a miocarditis.
 - ❖ Disfunción miocárdica severa secundaria a miocardiopatías como puente para trasplante.
 - ❖ Pacientes en arresto circulatorio como parte de la reanimación cardiopulmonar.

Las indicaciones para paciente respiratorio pediátrico son^(1;4;7;12-14):

- ❖ Pacientes mayores de 28 días y menores de 18 años
- ❖ Descompensación respiratoria y/o cardiovascular aguda que compromete la vida, potencialmente reversible, la cual no responde al soporte farmacológico y es susceptible de manejar en ECMO.
- ❖ Hipoxemia aguda que no responde al manejo médico.
- ❖ Índice de oxigenación mayor de 40 por 2 horas
- ❖ Falla respiratoria hipercapnica, definida como hipercarbia incorregible con un pH menor de 7.0 y un PIP mayor de 40
- ❖ Distensibilidad pulmonar estática menor de 0.5cc/cm H₂O/Kg
- ❖ Barotrauma definido como pérdida de aire persistente en soporte ventilatorio máximo

4.2 CONTRAINDICACIONES

Las contraindicaciones que se tienen en cuenta para soportar pacientes pediátricos con ECMO-VA son^(1;4-6;9;12):

1. Diagnóstico incierto.
2. Defectos cardiacos residuales incorregibles después de corrección quirúrgica.
3. Daño del Sistema Nervioso Central.
4. Malignidades.
5. Enfermedades intratables.
6. Disfunción orgánica múltiple.
7. Paciente POP con hemorragia no controlada ó condición hemorrágica de base que pueda ser incontrolable al iniciar heparina.
8. Paciente no candidato a trasplante (recordar que todo paciente que ingresa a ECMO puede ser candidato para trasplante cardiaco).
9. Recién nacido menor de 2000gr, menor de 34 semanas ó con Hemorragia Intraventricular Grado II o mayor.
10. Ventilación mecánica prolongada (10 – 14 días).
11. Resistencia vascular pulmonar elevada fija.
12. HIV positivo.
13. No autorización de los padres.

4.3 ECMO EN SITUACIONES CARDIOVASCULARES PEDIATRICAS ESPECÍFICAS

4.3.1 Paciente con fisiología de ventrículo único

4.3.1.1 Estadío I de Norwood: Inicialmente la fisiología de ventrículo único fue considerada una contraindicación para el manejo en ECMO, sin embargo después del año 2000 las estadísticas demuestran que su utilización ha venido

progresivamente en aumento, así por ejemplo, en 1996 se reportó sólo un 2% de todos los casos, mientras que en el 2001 28% ^(9;10).

Existen factores de riesgo asociados con mayor mortalidad después de la reconstrucción estadio I de Norwood como son: peso menor de 2.5Kg, la presencia de anomalías cromosómicas, genéticas y de anomalías no cardíacas⁽¹⁵⁾. Otros refieren la presencia de atresia aórtica, disfunción ventricular, regurgitación tricuspídea y defecto septal atrial restrictivo o intacto^(16;17).

La mortalidad en el paciente con fisiología univentricular es mayor por la dificultad para lograr el balance entre la circulación pulmonar y sistémica. La ELSO reporta una supervivencia del 36% al año 2009⁽³⁾, sin embargo recientes estudios han demostrado mayor supervivencia en pacientes con fisiología univentricular 50% al 64%^(9;17) vs. fisiología biventricular 43% ⁽⁹⁾. Se han logrado supervivencias del 80% al utilizar ECMO sin oxigenador para ofrecer soporte ventricular después de estadio I de Norwood⁽¹⁸⁾.

Existen dos indicaciones grandes para ECMO después del estadio I de Norwood, el paciente que no se puede destetar de bomba después de la reconstrucción estado I ó el paciente que sale a la UCIP y se arresta requiriendo soporte con ECMO. Si la causa del colapso no es clara, el paciente debe ser soportado en ECMO y llevado a cateterismo cardíaco para estudiar la causa ^(1;6;12).

4.3.1.2 Anastomosis Cavopulmonar Glenn y Fontan: Se han reportado supervivencias en estos pacientes entre el 25% y el 29%, sin embargo las series publicadas cuentan con un limitado número de pacientes^(4;9;19). Las indicaciones de ECMO en este grupo de pacientes usualmente son: severo bajo gasto postoperatorio, arresto cardiorrespiratorio durante cateterismo y falla miocárdica progresiva.

En estos pacientes el daño neurológico y la disfunción orgánica múltiple son más frecuentes por las dificultades en lograr adecuados flujos en el circuito, básicamente porque no se logra un buen retorno venoso ⁽²⁰⁾. Posiblemente se logran mejores resultados si se tiene en cuenta colocar dos cánulas venosas una en el cuello o tórax y otra femoral, colocando la punta distal del catéter venoso lo más central posible entre la vena cava superior y la inferior en el caso de pacientes con Fontan, además de hacer énfasis en la protección cerebral y de órganos terminales antes e inmediatamente después de canular, con hipotermia moderada y maximización del flujo en ECMO y del drenaje venoso para proveer óptima perfusión⁽¹⁸⁾. La incidencia de injuria neurológica severa es del 25% y de daño orgánico multisistémico es del 30% ⁽²¹⁾.

4.3.2 ECMO y trasplante cardiaco. Podemos dividir este grupo de pacientes en los que requieren ECMO como puente al trasplante cardiaco y los que lo requieren en el postoperatorio después de trasplantados.

4.3.2.1 Pre-trasplante cardiaco: Lo ideal para el paciente con falla cardiaca aguda o crónica que requiere trasplante cardiaco por no poder lograr la estabilización con el manejo médico o por la presencia de arritmias intratables, es mantenerlo con un mecanismo de soporte circulatorio. El ECMO después de 5 días incrementa las posibilidades de falla orgánica múltiple aumentando la mortalidad. En los niños menores de 1 año o con peso menor a 10Kg instaurar un mecanismo de asistencia ventricular continúa siendo un problema por no contar fácilmente con el mecanismo ideal⁽⁶⁾. El Berlín Heart es el único mecanismo disponible en el momento, muy costoso y necesita la importación del producto ⁽²⁰⁾.

La sobrevida después del trasplante en pacientes que requieren ECMO como puente es del 50 – 60%⁽²²⁻²⁵⁾. En estos pacientes, el riesgo de mortalidad no termina cuando se logra el nuevo corazón, sino que aún 30 días post trasplante la mortalidad aumenta por mayor incidencia de falla orgánica múltiple, independiente

de la causa de la falla cardiaca ⁽²⁴⁾. Después de 30 días los pacientes que sobreviven tienen igual evolución que los pacientes que no necesitan ECMO. En contraposición, los pacientes que se soportan con mecanismos de asistencia ventricular diferentes al ECMO, tienen igual mortalidad temprana y tardía que aquellos pacientes que no lo necesitan con sobrevividas a 5 años del 77% y a 10 años del 50 – 60%^(24;26). La excepción son aquellos pacientes con superficies corporales menores de 0.3mt², en quienes independientemente del mecanismo de soporte circulatorio tienen menor sobrevida temprana y tardía⁽²³⁾.

Pacientes que presentan arresto cardiaco antes de iniciar el soporte con ECMO tienen mal pronóstico en niños con falla cardiaca severa⁽²⁷⁾. Sin embargo, no hay estudios que nos aclaren la sobrevida de pacientes en lista de espera para trasplante que se arrestan pre-ECMO. Algunos estudios con pocos pacientes indican mayor mortalidad con menor posibilidad de lograr el trasplante en estos pacientes ⁽²²⁾.

4.3.2.2 Post-trasplante cardiaco: Post trasplante, las complicaciones más frecuentes que pueden indicar la necesidad de ECMO son: hipertensión pulmonar con falla ventricular derecha, disfunción del injerto en el período postoperatorio temprano y en aquellos con episodios de rechazo mientras la terapia antirrechazo surte efecto⁽²³⁾.

Un 20 – 30% de pacientes fallecen mientras están en lista de espera para trasplante cardiaco⁽²⁸⁾; por esta razón, ahora son aceptados más donantes marginales. La disfunción aguda del injerto es una condición potencialmente fatal pero usualmente recuperable si se soporta al paciente durante los primeros días. Se instaura muy rápido y por lo general el ECMO es necesario desde la sala de operaciones al no poder destetar el paciente de la bomba extracorpórea ó temprano al llegar a la UCI. La duración del soporte es en promedio de 5 días, con sobrevividas del 40 al 56% ^(22;29).

No hay suficiente literatura con respecto a la asistencia en casos de rechazo agudo, por lo que la utilidad del ECMO en esta situación no ha podido ser determinada⁽²²⁾.

En casos de hipertensión pulmonar secundaria a enfermedad cardíaca terminal, un período largo de soporte puede ser requerido mientras la resistencia vascular pulmonar se normaliza⁽²²⁾.

4.3.3 ECMO y arresto circulatorio. La sobrevida al alta hospitalaria después de reanimación cardiopulmonar varía entre el 16% y 27%, pero cuando se utiliza ECMO como parte de la reanimación la sobrevida mejora al 40%^(1;30-32).

Se ha establecido que la sobrevida de pacientes que requieren ECMO por arresto circulatorio presenciado y dentro del hospital es igual a la de los pacientes con enfermedad cardíaca que requieren ECMO por otras indicaciones (sin arresto), con tiempos de asistencia más cortos⁽¹⁾. La mayoría de los estudios reportan sobrevidas mayores en pacientes con enfermedad cardíaca de base que en pacientes con otras condiciones médicas, atribuyendo este resultado a que en los primeros usualmente existe una causa identificable y reversible; además el arresto en estos pacientes generalmente ocurre en el postoperatorio inmediato logrando más rápido la canulación en ECMO^(32;33).

La base de datos del 2005 de la ELSO reporta un 26% de complicaciones agudas en sistema nervioso central en estos pacientes^(2;8;30;34). Existe discrepancia entre los estudios con respecto al tiempo de reanimación “seguro”, unos hablan de 30 minutos^(31;35;36), otros de 45 minutos^(9;37) y otros no encuentran que el tiempo de reanimación impacte en la sobrevida^(33;37;38); esto puede estar relacionado con la calidad de la reanimación en los diferentes grupos.

Adicionalmente se encuentran también mejores resultados cuando se instaura ECMO dentro de las 24 horas siguientes al arresto, en los casos que se obtiene retorno a la circulación con maniobras convencionales ⁽³⁵⁾. El soporte con ECMO brinda la posibilidad de dar “descanso” al corazón y a los pulmones, disminuyendo o eliminando el soporte vasoactivo, el soporte ventilatorio, garantizando adecuado aporte de oxígeno y manteniendo el paciente en hipotermia, proceso que se facilita en ECMO por tener la disponibilidad del intercambiador de calor^(30;35).

Las indicaciones para ECMO en caso de arresto son^(1;33):

1. Arresto inesperado.
2. Arresto presenciado.
3. Rápido inicio de la reanimación cardiopulmonar.
4. No recuperación de la función cardiaca después de 10 minutos de arresto.
5. La condición que lleva al arresto es reversible o susceptible de trasplante cardiaco.
6. No contraindicaciones para el soporte mecánico.

4.3.4 ECMO y miocarditis. Se indica según la respuesta clínica al manejo médico con optimización de los niveles de hemoglobina, altas dosis de inotrópicos, vasodilatadores, ventilación mecánica, sedación y parálisis muscular. Si a pesar del manejo, el paciente persiste en bajo gasto, se indica ECMO⁽³⁹⁾. Estos niños tienen alto riesgo de arritmia y arresto con fibrilación ventricular dada su baja reserva ventricular y altas dosis de inotrópicos^(1;39).

Después de instaurado el ECMO hay una mayor tendencia a la distensión ventricular y al edema pulmonar que en otros pacientes, por lo que con frecuencia se indica la descompresión ventricular izquierda mediante atrioseptostomía en cateterismo^(5;39-41). Este último paso es muy importante para evitar mayor distensión del ventrículo enfermo y **siempre** debe ser considerado revisando el paciente con radiografía y ecocardiograma⁽³⁹⁾.

En este grupo se encuentra la más alta tasa de sobrevida con ECMO entre los pacientes cardiovasculares pediátricos: 60%⁽⁸⁾, sin embargo en la base de datos de la ELSO no hay clara información sobre si el éxito en la terapia fue vía trasplante cardiaco o por recuperación de la función miocárdica, además de existir inconsistencias en el diagnóstico sin existir clara diferenciación entre miocarditis viral y miocardiopatía dilatada con ausencia de confirmación diagnóstica por biopsia, serología viral o reacción en cadena de polimerasa para virus⁽³⁹⁾. Históricamente se ha creído que un significativo porcentaje de niños con miocarditis aguda, desarrollan miocardiopatía dilatada con necesidad de trasplante al final ⁽⁴²⁾. La evolución de estos pacientes ha demostrado lo contrario, encontrando varios reportes con recuperación total de la función miocárdica después de 10 días de soporte mecánico ^(39;40;43). Niños con miocarditis viral fulminante tienen una evolución muy favorable con alto grado de reversibilidad si se soporta en la fase aguda y los sobrevivientes se han encontrado sin disfunción miocárdica residual ^(41;43). Se especula que la temprana institución del soporte puede ayudar a prevenir la dilatación. Algunos reportes indican semanas o meses de asistencia ⁽⁴⁴⁾.

4.4 COMPLICACIONES DEL ECMO-VA

4.4.1 Complicaciones Clínicas del paciente: Son en promedio 1.44 complicaciones por caso según el registro de la ELSO^(1;2). Las más frecuentes se enuncian a continuación.

4.4.1.1 Sangrado: El sangrado es el problema más frecuente en el paciente soportado con ECMO-VA, dado que se requiere heparinización sistémica. El sangrado del sitio quirúrgico en los pacientes en postoperatorio tiene una incidencia del 30%⁽⁴⁵⁾. La persistencia de la hipotermia utilizada durante la cirugía, incompleta corrección de la hemodilución, niveles bajos de plaquetas y de fibrinógeno y la exposición previa a la circulación extracorpórea en cirugía, son factores que ayudan a su presentación⁽¹⁾.

El control del sangrado usualmente se logra con transfusión de hemoderivados: crioprecipitados, plaquetas, y plasma fresco congelado, siempre post oxigenador. Se debe mantener un nivel de plaquetas por encima de 125,000 y de fibrinógeno por encima de 150mg/dl, tolerar ACT más bajos de 160 – 180 seg. Considerar la utilización de inhibidores de la fibrinólisis y finalmente decidir prontamente la revisión quirúrgica del sangrado^(1;12).

4.4.1.2 Taponamiento Cardiac: Es necesario realizar una agresiva manipulación de los tubos de tórax y de mediastino para disminuir la posibilidad de posterior taponamiento. Un incremento en la presión de llenado, seguido por pérdida del retorno venoso y caída en la saturación venosa indica la necesidad de reexploración para descartar taponamiento cardíaco⁽¹⁾.

4.4.1.3 Síndrome de entumecimiento miocárdico: La iniciación del ECMO-VA resulta en incremento abrupto de la post carga y disminución de la precarga del ventrículo izquierdo, generando una caída aguda de la función del ventrículo izquierdo (reversible generalmente) con hipertensión auricular izquierda, que se transmite retrógradamente a la circulación pulmonar. El riesgo de hemorragia pulmonar se aumenta en estas circunstancias por el estado de anticoagulación⁽³⁰⁾. Un vent en la aurícula izquierda puede ser necesario para disminuir el riesgo de esta complicación. En pacientes que no son postquirúrgicos y que requieren descompresión ventricular izquierda está indicada una atrioseptostomía por cateterismo con o sin colocación de un stent atrial^(41;46). El significado a largo término del síndrome de entumecimiento es incierto, en especial en niños con arresto en quienes no se sabe si es secundario al ECMO a por el arresto en sí⁽¹⁾.

4.4.1.4 Hipertensión arterial: Puede presentarse secundario al aumento en la postcarga que genera la cánula arterial, la incidencia es de más del 50% y es

necesario tratarla con vasodilatadores endovenosos siempre que se presente puesto que aumenta a su vez la incidencia de hemorragia intracraneal⁽¹⁾.

4.4.1.5 Neumotórax: Se puede presentar con los mismos síntomas clínicos del taponamiento. Ha sido documentado con el mediastino abierto por la formación de coágulos en el espacio pleural. Ambas complicaciones requieren reexploración inmediata del tórax por el cirujano⁽¹⁾.

4.4.1.6 Neurológicas: Las complicaciones neurológicas más frecuentes son: sangrado (36%), convulsiones (23%) e infarto cerebral (18%)⁽¹⁾. La razón del compromiso neurológico ECMO es multifactorial. Los pacientes de mayor riesgo son los de bajo peso, recién nacidos, los que cursan con hipertensión severa, aquellos con cardiopatías cianóticas complejas, pacientes en POP de Glenn o Fontan^(1;7;20). La heparinización sistémica establece el mayor riesgo para sangrado, sin embargo, el contacto de la sangre con el circuito también predispone a trombocitopenia, activación del complemento, de células blancas y a hemólisis⁽¹⁾.

La revisión de la ELSO del 2005 reporta una incidencia del 26% de complicaciones severas en el sistema nervioso central (SNC) en niños que reciben soporte con ECMO como parte de la reanimación cardiorespiratoria^(30;34). La incidencia fué significativamente más alta que en niños manejados con ECMO por falla cardíaca o respiratoria sin arresto cardíaco, en quienes la incidencia varía entre 20 – 25% según el grupo de edad^(2;3), pero no varió con respecto a aquellos que se soportaron con ECMO en el post arresto inmediato⁽³⁰⁾.

Los estudios difieren en el porcentaje de niños con secuela neurológica moderada a severa entre 30 – 60% en pacientes con ECMO⁽¹¹⁾. Sin embargo, de estos pacientes en el seguimiento a largo plazo muchos se recuperan y solo la mitad del total queda con secuela neurológica severa⁽¹¹⁾.

Como regla general los pacientes que aparecen con hemorragia intracraneal o con aumento de sangrado intracraneano preexistente tienen indicación para discontinuar el soporte con ECMO-VA⁽¹⁾.

4.4.1.7 Renales: La oliguria es frecuente en las primeras 24 – 48 horas. Adicionar hemofiltración continua al sistema es relativamente fácil logrando remover el exceso de líquido, corregir desequilibrio electrolítico sin disminuir las proteínas y los componentes celulares del espacio intravascular. La falla renal ocurre en el 21% de los pacientes y está descrita en múltiples referencias como factor de riesgo para mortalidad^(1;5;6;10;12;20;22;33;34;47).

4.4.1.8 Infecciosas: La ELSO reporta incidencia de sepsis con cultivos positivos en el 10 – 20% de los paciente en ECMO con una sobrevida de menos del 50%^(2;3). Todos los pacientes deben recibir antibióticos profilácticos para cubrir gérmenes grampositivos y gramnegativos^(2;14;48)

4.4.2 Complicaciones mecánicas del circuito: La ELSO reporta que en promedio son 0.8% complicaciones mecánicas por caso ^(1;1;2). La más frecuente es la trombosis del circuito, seguida por la falla en la membrana oxigenadora. Otras complicaciones incluyen problemas con las cánulas como decanulación accidental y malposición, embolismo aéreo (potencialmente fatal), ruptura de la tubería, daño del intercambiador de calor e inadecuado funcionamiento de la bomba.

5. COMPONENTES ÉTICOS

El presente estudio fue evaluado por el Comité de Postgrados, el Comité de Ética en Investigación de la Fundación Cardiovascular de Colombia y de la Universidad Industrial de Santander, Facultad de Salud. Se obtuvo la aprobación para su realización por considerarse una intervención sin riesgo según la resolución 8430-93 en el artículo 16 párrafo primero.

No requirió la utilización de consentimiento informado. No se realizó ninguna intervención o modificación intencionada de las variables biológicas, fisiológicas o sociales de los individuos que participaron. La población a estudio no obtuvo ningún beneficio personal, ni mediato.

Se protegió la privacidad del individuo sujeto de investigación al momento de recolectar los datos, no se registraron nombres, ni apellidos, ni número de historia clínica asignado por la institución.

El diseño de investigación que se realizó, brindó las medidas de protección de los individuos y aseguró la obtención de resultados válidos de acuerdo con las normas establecidas que garantizan la salud e integridad del paciente.

6. DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

Las variables clínicas tomadas en cuenta a la iniciación y durante el soporte con ECMO-VA fueron:

Edad: expresada en meses.

Peso: expresado en kilos.

Género: masculino ó femenino.

Diagnóstico primario: hace referencia al diagnóstico principal del paciente al momento del ingreso a la institución según la clasificación internacional de enfermedades CIE-10.

Cirugía realizada: La intervención quirúrgica realizada en el paciente.

Método de RACHS: Es un consenso internacional que ajusta el riesgo de mortalidad hospitalaria en niños menores de 18 años después de cirugía para corrección de cardiopatías congénitas, con el fin de permitir la comparación entre los diferentes grupos médicos. Se dividieron los procedimientos en 6 categorías cada una con un riesgo de mortalidad; así, la categoría 1 tiene un riesgo de 0.4%, la categoría 2 de 3.8%, la categoría 3 de 8.5%, la categoría 4 de 19.4%, la categoría 5 sin riesgo determinado por encontrarse pocos pacientes en el estudio inicial y la categoría 6 con un riesgo de 47.7% ⁽¹³⁾.

Indicación del soporte con ECMO-VA: se tuvo en cuenta el criterio del médico tratante para indicar esta terapia y para decidir el momento adecuado para

iniciarla. No se siguieron en forma estricta las indicaciones anotadas en el marco teórico de este trabajo.

El tiempo de instauración del ECMO-VA: Es el tiempo en minutos que gasta la perfusionista armando y purgando el circuito de ECMO-VA.

El tiempo en ECMO-VA: Es el tiempo en horas que permanece el paciente conectado al soporte con ECMO-VA.

El tiempo de reanimación si estuvieron en arresto: Es el tiempo en minutos transcurrido desde que se detecta ausencia de signos vitales hasta que se logra su restauración a través de maniobras de reanimación avanzada convencionales o mediante la instauración del ECMO-VA.

Complicaciones clínicas del paciente soportado con ECMO-VA: Hace referencia a las complicaciones médicas del paciente, como son:

Sangrado: Se tuvo en cuenta el sangrado que requirió transfusión de hemoderivados para lograr la recuperación hemodinámica del paciente.

Disfunción renal: Dada por un nivel de creatinina mayor al límite superior estipulado para la edad del paciente.

Disfunción hepática: Determinada por elevación en el nivel de transaminasas.

Daño neurológico: Determinado por daños observados en tomografía axial computarizada.

Infección: Determinada por evidencia de cultivos positivos tomados 48 horas después de iniciado el soporte con ECMO-VA.

Complicaciones mecánicas del ECMO-VA: Se refiere a las complicaciones encontradas durante el soporte con ECMO-VA inherentes al circuito de circulación extracorpórea, estas pueden ser trombosis dentro del circuito, problemas con las cánulas o la tubería, embolismo aéreo, falla del oxigenador o falla de la bomba.

Estadía en UCIP y estadía hospitalaria total: Es el tiempo en días de estancia en la unidad de cuidado intensivo pediátrica y el tiempo total en días de estancia hospitalaria.

Sobrevida a la decanulación de ECMO-VA y sobrevida al alta hospitalaria: Para iniciar el soporte con ECMO-VA se hace necesario canular algunas estructuras del sistema venoso y arterial, generalmente en el paciente cardiovascular pediátrico se cánula directamente la aurícula derecha y la aorta. El retiro de estas cánulas da por terminada la asistencia con ECMO-VA. La literatura mundial ha encontrado que un porcentaje de pacientes sobreviven a la decanulación pero no al alta hospitalaria. Por esta razón se hace referencia a estos dos momentos para describir la sobrevida de los pacientes.

7. RESULTADOS

Se incluyeron 20 pacientes soportados con ECMO –VA, nueve durante el primer año (mayo del 2007 a mayo del 2008) y once pacientes durante el segundo año (mayo del 2008 a marzo del 2009), trece (65%) de sexo masculino y siete (35%) de sexo femenino; la mediana de edad fue 8 (RIC 2-57) meses y la mediana de peso fue de 7.2 (RIC 3.5-15.5) kilogramos.

En la tabla 1 se presentan las características demográficas de los pacientes, que incluyen la edad, el peso y el género.

Tabla 1. Características demográficas de los pacientes.

Variable	Edad	Peso	Género
Paciente	(meses)	(Kilos)	
1	22	11	M
2	206	59	M
3	3	6,4	M
4	108	20	F
5	2	4,3	M
6	12	8	F
7	24	10	F
8	9	4	F
9	108	26	M
10	7	8	M
11	3	3,5	F
12	1,5	3,5	M
13	13	8	M
14	90	21	M
15	2	3,5	F
16	0	2,8	F
17	2	3	M
18	2	3,8	M
19	216	59	M
20	0	3	M

M: masculino; F: femenino.

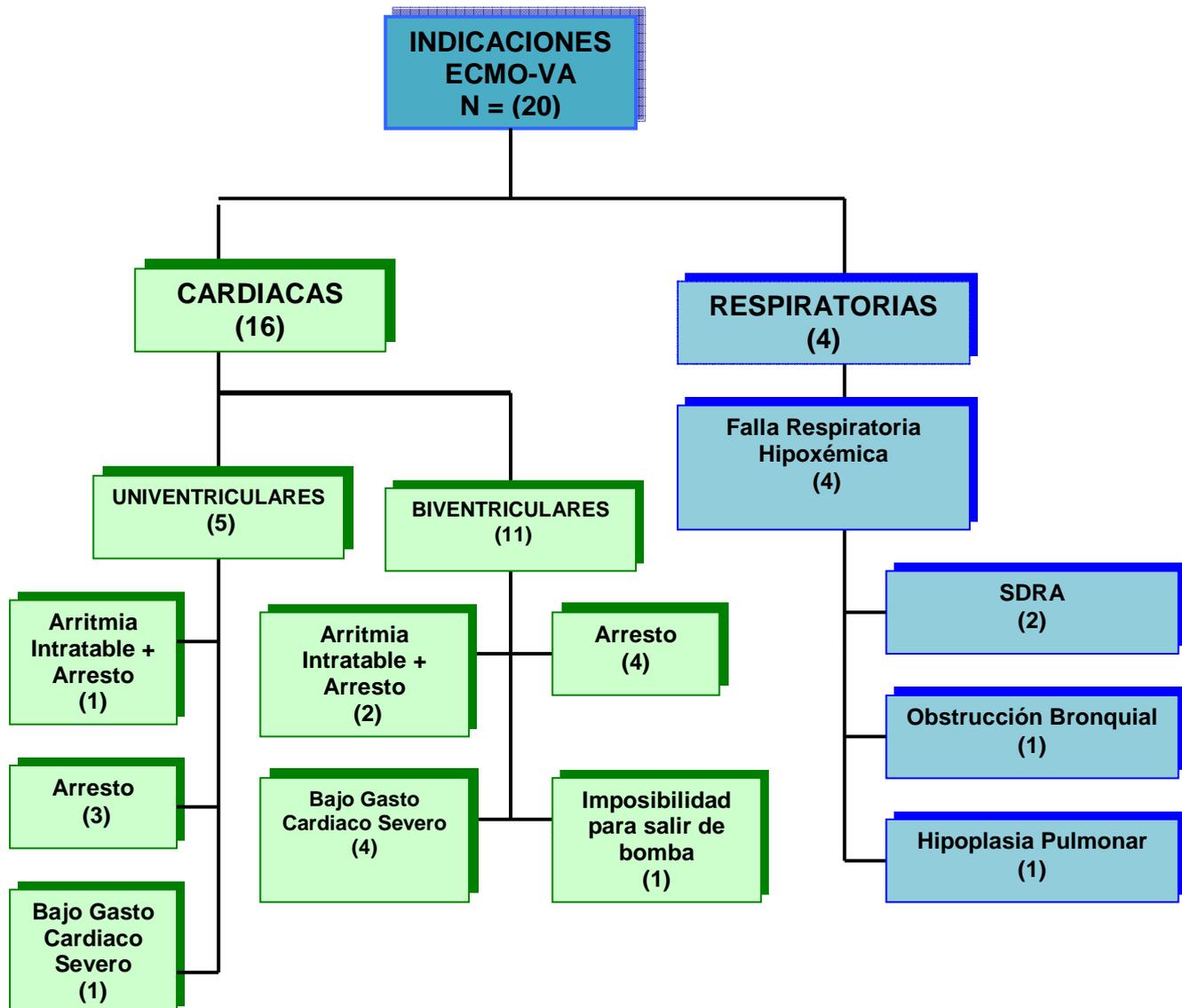
En la tabla 2 se presentan las características clínicas iniciales de los pacientes. En ella, con respecto a los procedimientos quirúrgicos, 19 pacientes fueron llevados a cirugía, 17 para corrección de cardiopatías congénitas y 2 cirugías no cardíacas (herniorrafia umbilical y corrección de hernia diafragmática). Se determinó el riesgo de mortalidad para las intervenciones quirúrgicas cardíacas según el método de RACHS-1 encontrando un procedimiento en categoría 1 (riesgo de mortalidad del 0.4%), esta paciente además tenía diagnóstico de pericarditis constrictiva lo que le impone un mayor riesgo de mortalidad que la dada por la sola cardiopatía. Diez procedimientos en categoría 3 (riesgo de mortalidad de 8.5%), tres procedimientos en categoría 4 (riesgo de mortalidad de 19.4%) y dos procedimientos en categoría 6 (riesgo de mortalidad del 47.7%).

Las indicaciones para iniciar el soporte con ECMO-VA se muestran en el gráfico 2. La mayoría de los pacientes tuvieron indicación cardíaca; dos de los pacientes con indicación respiratoria tenían cardiopatía congénita como diagnóstico inicial. Todos los pacientes con indicación cardíaca se soportaron en el postoperatorio de corrección de cardiopatía congénita, excepto un paciente con diagnóstico de miocardiopatía restrictiva que estaba en lista de espera para trasplante cardíaco y requirió el soporte antes de la cirugía. Diez pacientes estuvieron en arresto cardíaco, todos por indicación cardíaca; siete de ellos soportados durante el arresto y tres en el post arresto inmediato. En los pacientes con bajo gasto cardíaco severo refractario, uno se soportó como puente a trasplante cardíaco, otro en el postoperatorio inmediato de trasplante cardíaco y 2 más en el postoperatorio de corrección de cardiopatías congénitas. Los 4 pacientes con indicación respiratoria, presentaron falla respiratoria hipoxémica. Dos de los casos secundaria a síndrome de dificultad respiratoria aguda (SDRA), uno a hipoplasia pulmonar en un paciente con diagnóstico de hernia diafragmática izquierda y el último por obstrucción bronquial en un paciente con diagnóstico de agenesia de válvula pulmonar.

Tabla 2. Características clínicas iniciales de los pacientes.

Variable Paciente	Diagnostico Inicial	Cirugía Realizada	RACHS -1
1	Shock séptico origen GI, SDOM.	Herniorrafia Umbilical Extrahospitalaria.	-
2	Ventrículo único doble entrada y doble salida con estenosis pulmonar severa. Antecedente de Glenn 1993. FA permanente.	Fontan Fenestrado - Maze e Implantación de Marcapaso.	III
3	Atresia Pulmonar con CIV, colaterales aorto- pulmonares y DAP, flujo pulmonar aumentado.	Conexión de VD a AP con Homoinjerto, Unifocalización de Ramas Pulmonares, Cierre de CIV y CIA.	IV
4	CIA, Fiebre Reumática	Cierre de CIA Y Reemplazo de Válvula Mitral	III
5	Síndrome de Corazón Izquierdo Hipoplásico	Trasplante Cardíaco	-
6	Tetralogía de Fallot con estenosis de ramas pulmonares, FSP central trombosada	Corrección Tetralogía de Fallot con homoinjerto pulmonar	III
7	Miocardiopatía Restrictiva	Ninguna	-
8	Atresia Tricuspidéa con Atresia Pulmonar	FSP	III
9	DVPA Parcial derecho más Pericarditis Constrictiva	Corrección de DVPA Parcial	I
10	Múltiples CIV, CoAo, Mitral en paracaídas, DAP	Cierre de CIV, Plastia Mitral, Corrección CoAo y cierre de DAP	III
11	DVPA Total Mixto. Neumonía multilobar, SDRA	Corrección DVPA Mixto, Cierre de CIA y DAP	IV
12	Síndrome de Corazón Izquierdo Hipoplásico	Norwood	VI
13	Atresia Pulmonar con CIV y Vasos mampuestos	Rastelli	IV
14	Atresia Pulmonar con CIV + colaterales	Conexión VD a AP con homoinjerto y ligadura de Colaterales	III
15	Defecto Atrioventricular mal balanceado, Estenosis Pulmonar Severa	Glenn y FSP	III
16	Hernia Diafrágica Izquierda	Corrección Hernia Diafrágica	-
17	Defecto Atrioventricular Completo	Corrección con técnica australiana	III
18	Síndrome de Agenesia de Válvula Pulmonar	Corrección con plicatura y lecompte	III
19	Síndrome de cimitarra	Corrección DVPA parcial derecho, Cierre de DAP, Valvuloplastia Mitral y Tricuspidéa	III
20	Síndrome de Corazón Izquierdo Hipoplásico	Norwood	VI

GI:Gastrointestinal; SDOM: Síndrome de disfunción orgánica múltiple; FA: Fibrilación Auricular; CIV: Comunicación Interventricular; DAP: Ductus arterioso persistente; CIA: Comunicación Interauricular; VD:Ventrículo derecho; AP: Arteria Pulmonar; DVPA: Drenaje Venoso Pulmonar Anómalo; FSP: Fístula sistémico-pulmonar; CoAo: Coartación de Aorta; SDRA: Síndrome de dificultad respiratoria aguda.



El gráfico 2 muestra las indicaciones del soporte con ECMO-VA en los 20 pacientes recolectados. La mayoría de los pacientes tuvieron indicación cardíaca; 2 de los pacientes con indicación respiratoria tenían cardiopatía congénita como diagnóstico inicial.

Al revisar las historias clínicas se encuentra que el tiempo de instauración del ECMO-VA no fue estipulado en ningún caso. Una vez iniciada la asistencia, la mediana del tiempo en ECMO-VA en el total de pacientes fue de 54.5 (RIC 28-89) horas. Los pacientes con indicación respiratoria estuvieron en ECMO-VA durante

más tiempo 84.5 (RIC61-159.5) horas en comparación con los que tuvieron indicación cardiaca 51.5 (RIC 14.5-81) horas.

La mediana del tiempo de reanimación fue de 107.5 (RIC 90-120) minutos, en tres pacientes el tiempo de reanimación no fue registrado en la historia clínica.

La tabla 3 muestra las diferencias entre los pacientes que sobrevivieron y los que no. Todos los pacientes que sobrevivieron tuvieron indicación cardiaca. El tiempo en ECMO-VA y el tiempo de reanimación fue menor en los sobrevivientes. Los pacientes que se arretaron tuvieron una sobrevida del 20% al alta hospitalaria, mientras que los que no se arretaron alcanzaron una sobrevida del 30%. Las estadías de UCIP y total fueron como era de esperarse mayores en los sobrevivientes.

Tabla 3. Diferencias entre los sobrevivientes y No sobrevivientes

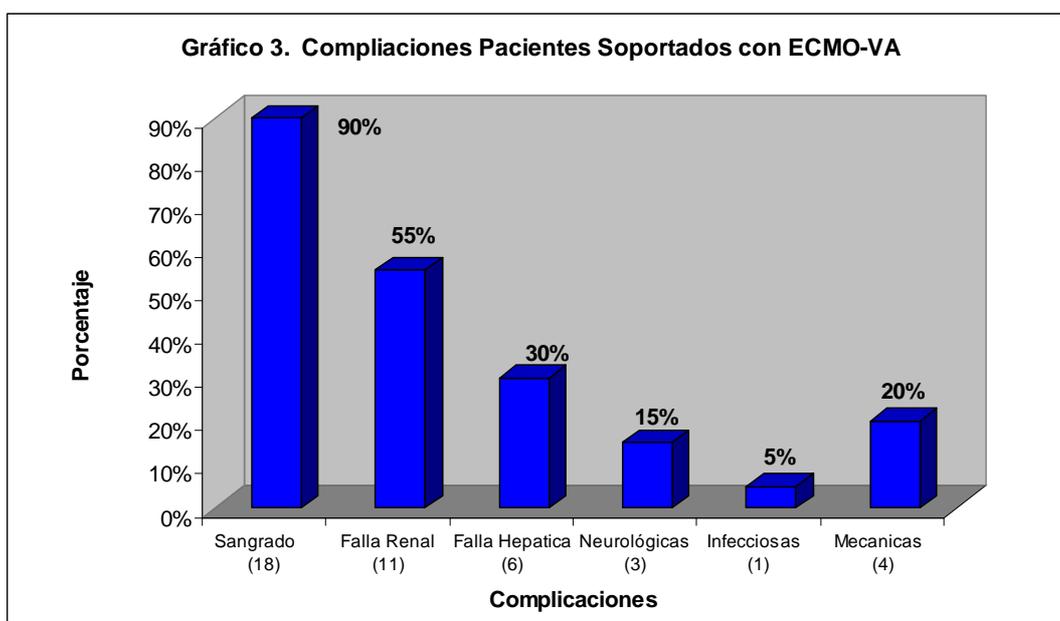
Variable	Sobrevivientes	No Sobrevivientes
Cardiacos	5 (31.2%)	11 (68.7%)
Respiratorios	0 (0%)	4 (100%)
Tiempo en ECMO-VA	40 (RIC 12-56)	72 (RIC 39-100)
Tiempo de reanimación	55 *	107.5 (RIC 90-120)
Arresto	2 (20%)	8 (80%)
No arresto	3 (30%)	7 (70%)
Estadia en UCIP	21 (RIC 19-60)	6 (RIC 3-11)
Estadía Total	72 (28-81)	18 (RIC 4-24)

Tiempo en ECMO-VA en horas; tiempo de reanimación en minutos; estadías en días.

*única observación

Las complicaciones más frecuentes (gráfico 3) fueron sangrado en un 90% y disfunción renal en el 55%; las complicaciones neurológicas fueron, hemorragia intracraneal en dos pacientes e isquemia cerebral en uno. Seis pacientes

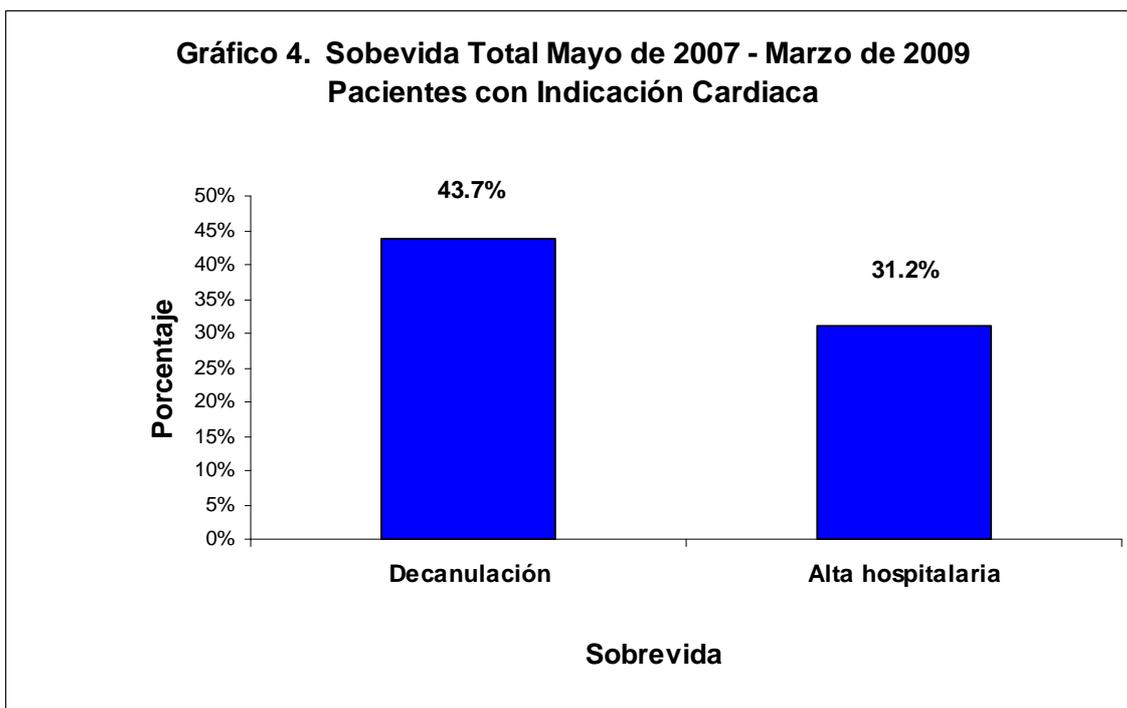
cursaron con disfunción hepática dada por aumento en los niveles de transaminasas. Sólo a un paciente se le identificó cultivo positivo para *Klebsiella pneumoniae* en lavado broncoalveolar (BAL) después de 48 horas de soporte con ECMO-VA, cuatro pacientes adicionales presentaron signos de respuesta inflamatoria sistémica positivos pero sin lograr aislar ningún germen en cultivos de sangre, orina y BAL. Las complicaciones mecánicas fueron la falla del oxigenador que requirió cambio de emergencia en dos pacientes, ruptura del cono de la bomba centrífuga por mantener bajos flujos por debajo de 300cc/min durante el destete en un paciente e imposibilidad para canular.



El gráfico 3 muestra las complicaciones encontradas en los 20 pacientes soportados con ECMO-VA. El sangrado y la falla renal fueron las más frecuentes.

La mediana de la estadía en UCIP para el total de pacientes fue 9.5 (RIC 4.5-16) días y la mediana de la estadía total fue de 21 (RIC 9.5-28) días.

La sobrevida a la decanulación de ECMO-VA en los pacientes con indicación cardiaca se obtuvo en 7 (43.7%) pacientes y al alta hospitalaria en 5 (31.2%) pacientes (gráfico 4). Ninguno de los pacientes con indicación respiratoria sobrevivió.

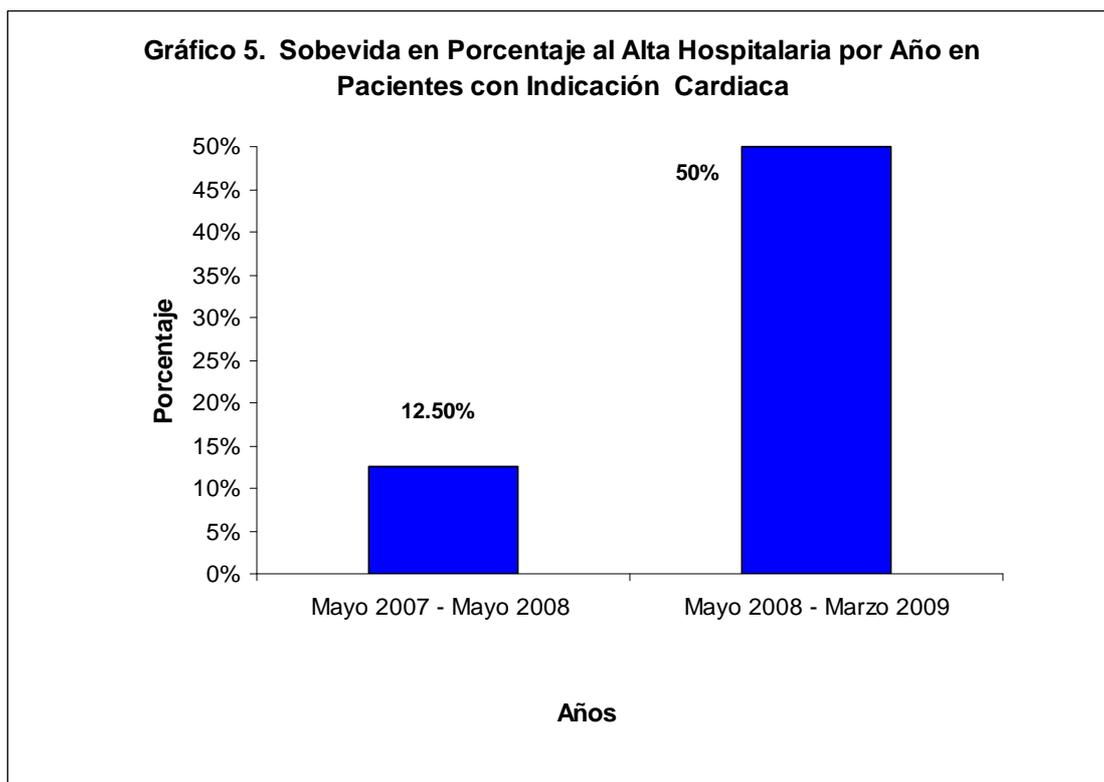


El gráfico 4 muestra la sobrevida a la decanulación y al alta hospitalaria en los pacientes con indicación cardiaca durante los 2 años del estudio.

La sobrevida por año según la indicación se muestra en la tabla 4. En el segundo año se logró igual sobrevida a la decanulación que al alta hospitalaria. El gráfico 5 muestra la sobrevida por años en paciente cardiaco, evidenciando una mejoría en la sobrevida del 12.5% en el primer año al 50% en el segundo año. No se lograron sobrevivientes con indicación respiratoria ni el primer año, ni en el segundo.

Tabla 4. Sobrevida por año según indicación en pacientes soportados con ECMO-VA

CARDIACOS				RESPIRATORIOS			
Primer año (8)		Segundo Año (8)		Primer año (1)		Segundo Año (3)	
Vivos a la decanulación	Vivos al alta	Vivos a la decanulación	Vivos al alta	Vivos a la decanulación	Vivos al alta	Vivos a la decanulación	Vivos al alta
3 (37.5%)	1 (12.5%)	4 (50%)	4 (50%)	0	0	0	0



El gráfico 5 muestra la mejoría que se obtuvo en la sobrevida al alta hospitalaria en los pacientes con indicación cardíaca, al comparar el primer año y segundo año de experiencia con ECMO-VA en la Fundación Cardiovascular de Colombia.

Hasta el momento los pacientes dados de alta por la Fundación Cardiovascular de Colombia son seguidos por el servicio de Cardiología Pediátrica, tres de ellos se encuentran en clase funcional I de NYHA (New York Heart Association), un paciente estuvo hospitalizado durante seis meses por problemas relacionados con la vía aérea superior (requiriendo traqueostomía), y el último cursa con insuficiencia mitral severa en manejo médico actual y seguimiento estricto por el servicio de cardiopediatría.

8. DISCUSION

Al realizar la revisión de las historias clínicas se encontraron dificultades puesto que no existe un formato prediseñado que reúna todas las variables, algunas de ellas sin estar registradas en las historias. La edad y por lo tanto el peso de los pacientes tuvieron rangos muy amplios desde recién nacidos hasta los 18 años. El riesgo de mortalidad estimado por el método RACHS-1 aplicado a los 17 pacientes en POP de corrección de cardiopatía congénita muestra un riesgo inicial elevado con la mayoría (93%) de las cirugías situadas en la categoría 3 o mayor.

La Fundación Cardiovascular de Colombia es una institución especialista en patología cardiovascular razón por la cual la mayoría (80%) de los pacientes que requirieron ECMO-VA tuvieron indicación cardíaca.

Está visto que la sobrevida de los pacientes cardíacos es mejor si el destete se logra antes de las 72 horas, con pobres posibilidades después de 144 horas (5 días) y casi nulas después de 200 horas (8 días)^(5;9;10). Esto en contraposición con los pacientes con indicación respiratoria en los que usualmente se requieren soportes más prolongados en ECMO-VA. El tiempo en ECMO-VA de los pacientes del presente estudio coincide con lo que demuestra la literatura siendo menor (51.1 horas) en los pacientes con indicación cardíaca en comparación con los que tuvieron indicación respiratoria (84.5 horas). Se debe tener en cuenta que el número de pacientes es bajo, lo cual no permite que los resultados sean concluyentes.

A 10 de los 20 pacientes revisados se les instauró ECMO-VA durante arresto circulatorio o en el post arresto inmediato. Todos estos pacientes tuvieron indicación cardíaca. Existe discrepancia entre los estudios con respecto al tiempo

de reanimación “seguro”, unos hablan de 30 minutos^(31;35;36), otros de 45 minutos^(9;37) y otros no encuentran que el tiempo de reanimación impacte en la sobrevida^(33;37;38); esto puede estar relacionado con la calidad de la reanimación en los diferentes grupos. La mediana del tiempo de reanimación en el presente estudio fue de 107.5 minutos, tiempo este muy prolongado para tratarse de una reanimación cardiopulmonar. Este tiempo es el resultado de la demora en el montaje operativo del sistema, no se tiene el sistema previamente purgado y el personal a cargo del montaje no se encuentra 24 horas dentro de la institución. Aún son pocos pacientes para determinar el impacto que este tiempo de reanimación tuvo en la sobrevida, encontrando vivos al alta hospitalaria 2 de 10 arrestados (20%) y 3 de 10 no arrestados (30%).

Las complicaciones más frecuentes fueron el sangrado y la falla renal. El sangrado del sitio quirúrgico es el problema más frecuente en el paciente postoperatorio cardiovascular soportado en ECMO-VA, con una incidencia del 30%⁽⁴⁵⁾. La persistencia de la hipotermia utilizada durante la cirugía, incompleta corrección de la hemodilución, niveles bajos de plaquetas y de fibrinógeno y la exposición previa a la circulación extracorpórea en cirugía, son factores que ayudan a su presentación. En la actual revisión el 90% de los pacientes presentaron sangrado que requirió transfusión de hemoderivados para lograr la estabilidad hemodinámica del paciente; durante el segundo año, aunque se siguió transfundiendo con frecuencia, el sangrado fue más fácil de controlar posiblemente porque se cuenta con mejores insumos y el equipo está más familiarizado con la técnica y el seguimiento de estos pacientes durante el proceso.

La falla renal está claramente identificada como un indicador de pobre pronóstico en los pacientes soportados con ECMO-VA, lo que se pudo comprobar con esta revisión, evidenciando una mortalidad del 90% en los que presentaron falla renal. Este resultado probablemente refleja la demora en la identificación de la indicación

de esta terapia, demostrando que se obtienen mejores resultados en la medida que se tome pronto la decisión de utilizar el ECMO-VA para soportar la función cardíaca y/o pulmonar en los pacientes, limitando el desarrollo de disfunción orgánica múltiple.

En el 2005 la ELSO reportó tasas de destete del 60 -70%, con una sobrevida del 55% al alta hospitalaria para pacientes pediátricos con patología respiratoria y del 43% para pacientes pediátricos con patología cardíaca⁽²⁾. En el seguimiento de estos pacientes el 90% se encuentran vivos a los 4 años y más del 80% de estos muestran buena a excelente salud general⁽¹¹⁾. Coincidiendo con la literatura, en esta revisión se observó una sobrevida mayor a la decanulación de ECMO-VA, del 43.7%, que disminuye al 31.2% para el alta hospitalaria en los pacientes con indicación cardíaca. No se logró ningún sobreviviente en los pacientes con indicación respiratoria; se piensa que sea secundario a varias razones. Estos pacientes requieren mayor tiempo de soporte generando mayor respuesta inflamatoria sistémica y hemólisis complicaciones que se agravan al no contar con los insumos indicados. Adicionalmente decidir el momento correcto de la indicación fue difícil, teniendo en cuenta el alto costo de la terapia, la falta de experiencia en su utilización y la aún inapropiada organización del equipo sin un criterio de manejo estandarizado.

Adicionalmente en los pacientes con indicación cardíaca y fisiología de ventrículo único tampoco se encontraron sobrevivientes. Estos pacientes tienen sobrevidas menores. La ELSO reporta sobrevidas al alta hospitalaria del 36% para corazón izquierdo hipoplásico en el 2009⁽³⁾ y pacientes con POP de Glenn o Fontan tienen sobrevidas entre el 25% y el 29%^(4;9;19). Se piensa que lograr el balance entre la circulación sistémica y pulmonar en estas condiciones es aún más difícil, esto, aunado a las complicaciones que se presentan al implementar una técnica nueva, generó el pobre resultado en estos pacientes.

Al analizar la sobrevida por años, inicialmente la sobrevida al alta hospitalaria fue muy baja sólo el 12.5% en pacientes con indicación cardíaca y 0% en pacientes con indicación respiratoria durante el primer año; sin embargo, durante el segundo año, la sobrevida mejoró al 50% en los pacientes con indicación cardíaca, aunque continuó siendo de 0% en los pacientes con indicación respiratoria. Este resultado seguramente se explica por la superación de la curva de aprendizaje que todas las instituciones tienen al instaurar un programa nuevo. Además se debe tener en cuenta que el soporte con ECMO-VA se elige cuando todas las demás estrategias de manejo han fallado, es decir, estos pacientes en otras circunstancias hubieran fallecido.

Hasta el momento los 5 pacientes que sobrevivieron al alta hospitalaria están siendo seguidos por el servicio de cardiopediatría, sin que exista un programa especial para el seguimiento multidisciplinario de ellos.

9. CONCLUSIONES

El programa de soporte con ECMO-VA en la Fundación Cardiovascular de Colombia se inició hace 2 años, siendo esta institución pionera en la utilización de esta técnica en el país. Al ser un centro de remisión para el diagnóstico y tratamiento de cardiopatías congénitas complejas, la mayoría de los pacientes seleccionados en este estudio tuvieron indicación cardíaca para el soporte con ECMO-VA.

Se encontraron diferencias en los resultados de los pacientes con indicación cardíaca y aquellos con indicación respiratoria, sin lograr sobrevida en estos últimos. Sin embargo, la cantidad de pacientes con indicación respiratoria fue sólo el 20% del total sin poder hacer una comparación equitativa entre los dos grupos.

En los pacientes con indicación cardíaca se obtuvo durante el primer año un porcentaje mayor de complicaciones y una menor sobrevida comparado con lo que muestra la literatura mundial, sin embargo, durante el segundo año el trabajo en equipo y la mejoría en la oportunidad de la indicación, asociado a la superación de la curva de aprendizaje, permitió aumentar la sobrevida a valores equiparables a lo reportado por la estadística mundial.

Se puede concluir que el ECMO-VA es una terapia factible en nuestro medio, que hace posible aumentar la sobrevida en pacientes críticos en quienes las estrategias convencionales de manejo han fallado y que morirían de no ser por el soporte de la función cardíaca y/o pulmonar logrado con esta técnica.

10. RECOMENDACIONES

Al revisar las historias clínicas de los pacientes se encuentra que falta el registro de variables importantes como son el tiempo de reanimación y el tiempo de instauración del ECMO. No existe un formato que reúna todos los datos, por lo que la búsqueda de estos en la historia se vuelve lenta y difícil. Se recomienda la elaboración de un formato para reunir todas las variables descritas en este trabajo, que nos permita más adelante realizar un estudio prospectivo.

También es importante crear una guía de manejo para paciente respiratorio y cardiovascular pediátrico soportado con ECMO-VA que permita tener lineamientos claros y estandarizados a seguir por cada uno de los integrantes del equipo para lograr escoger cada vez con más acierto los candidatos a ser soportados, así como el momento preciso de hacerlo; esto con el propósito de disminuir las complicaciones y aumentar la sobrevida al alta hospitalaria.

Hacer un seguimiento multidisciplinario de los pacientes que sobreviven a esta terapia, en donde no solo se involucre el servicio de cardiopediatría, sino también neurología pediátrica, pediatría general con un seguimiento de crecimiento y desarrollo con medición de escalas cognitivas para determinar el pronóstico neurológico de estos pacientes.

Este trabajo de grado puede servir como estudio piloto para realizar más adelante un análisis prospectivo con mayor cantidad de pacientes, en donde se reevalúe el proceso y se pueda encontrar significancia estadística entre las variables.

11. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Kriisa Van Meurs. ECMO Extracorporeal Cardiopulmonary support in Critical care. 3rd Edition, 2005.
- (2) Conrad SA, Rycus PT, Dalton H. Extracorporeal Life Support Registry Report 2004. ASAIO J 2005; 51(1):4-10.
- (3) Ann Arbor. Extracorporeal Life Support Organization. ECLS Registry Report. 2009.
- (4) Ann Arbor: Extracorporeal Life Support Organization. ECMO registry report. 2002.
- (5) Thourani VH, Kirshbom PM, Kanter KR, Simsic J, Kogon BE, Wagoner S et al. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation (VA-ECMO) in pediatric cardiac support. Ann Thorac Surg 2006; 82(1):138-144.
- (6) Wearden Peter. ECLS Experience and result for complex congenital heart disease. ECMO Course. Pittsburgh: 2008.
- (7) Dan M. Meyer, Michael E. Jessen. Vademecum Extracorporeal Life Support. Landes Bioscience. 2001.
- (8) The Extracorporeal Life Support Organisation. The ELSO Registry: Cardiac Support. 2006.
- (9) Aharon AS, Drinkwater DC, Jr., Churchwell KB, Quisling SV, Reddy VS, Taylor M et al. Extracorporeal membrane oxygenation in children after repair of congenital cardiac lesions. Ann Thorac Surg 2001; 72(6):2095-2101.
- (10) Hintz SR, Benitz WE, Colby CE, Sheehan AM, Rycus P, Van Meurs KP. Utilization and outcomes of neonatal cardiac extracorporeal life support: 1996-2000. Pediatr Crit Care Med 2005; 6(1):33-38.
- (11) Ibrahim AE, Duncan BW, Blume ED, Jonas RA. Long-term follow-up of pediatric cardiac patients requiring mechanical circulatory support. Ann Thorac Surg 2000; 69(1):186-192.

- (12) Krisa Van Meurs. ECMO specialist training manual. 2nd Edition, 1999.
- (13) Jenkins KJ, Gauvreau K, Newburger JW, Spray TL, Moller JH, Iezzoni LI. Consensus-based method for risk adjustment for surgery for congenital heart disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2002; 123(1):110-118.
- (14) Potoka Douglas. ECMO un respiratory failure. ECMO course. Pittsburgh. 2008.
- (15) Ravishankar C, Dominguez TE, Kreutzer J, Wernovsky G, Marino BS, Godinez R et al. Extracorporeal membrane oxygenation after stage I reconstruction for hypoplastic left heart syndrome. *Pediatr Crit Care Med* 2006; 7(4):319-323.
- (16) Gaynor JW, Mahle WT, Cohen MI, Ittenbach RF, DeCampi WM, Steven JM et al. Risk factors for mortality after the Norwood procedure. *Eur J Cardiothorac Surg* 2002; 22(1):82-89.
- (17) Pizarro C, Davis DA, Healy RM, Kerins PJ, Norwood WI. Is there a role for extracorporeal life support after stage I Norwood? *Eur J Cardiothorac Surg* 2001; 19(3):294-301.
- (18) Darling EM, Kaemmer D, Lawson DS, Jagers JJ, Ungerleider RM. Use of ECMO without the oxygenator to provide ventricular support after Norwood Stage I procedures. *Ann Thorac Surg* 2001; 71(2):735-736.
- (19) Jagers JJ, Forbess JM, Shah AS, Meliones JN, Kirshbom PM, Miller CE et al. Extracorporeal membrane oxygenation for infant postcardiotomy support: significance of shunt management. *Ann Thorac Surg* 2000; 69(5):1476-1483.
- (20) Hetzer R, Alexi-Meskishvili V, Weng Y, Hubler M, Potapov E, Drews T et al. Mechanical cardiac support in the young with the Berlin Heart EXCOR pulsatile ventricular assist device: 15 years' experience. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu* 2006;99-108.
- (21) Booth KL, Roth SJ, Thiagarajan RR, Almodovar MC, del Nido PJ, Laussen PC. Extracorporeal membrane oxygenation support of the Fontan and bidirectional Glenn circulations. *Ann Thorac Surg* 2004; 77(4):1341-1348.

- (22) Bae JO, Frischer JS, Waich M, Addonizio LJ, Lazar EL, Stolar CJ. Extracorporeal membrane oxygenation in pediatric cardiac transplantation. *J Pediatr Surg* 2005; 40(6):1051-1056.
- (23) BarZiv SM, McCrindle BW, West LJ, Edgell D, Coles JG, VanArsdell GS et al. Outcomes of pediatric patients bridged to heart transplantation from extracorporeal membrane oxygenation support. *ASAIO J* 2007; 53(1):97-102.
- (24) Davies RR, Russo MJ, Hong KN, O'Byrne ML, Cork DP, Moskowitz AJ et al. The use of mechanical circulatory support as a bridge to transplantation in pediatric patients: an analysis of the United Network for Organ Sharing database. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2008; 135(2):421-7, 427.
- (25) Gajarski RJ, Mosca RS, Ohye RG, Bove EL, Crowley DC, Custer JR et al. Use of extracorporeal life support as a bridge to pediatric cardiac transplantation. *J Heart Lung Transplant* 2003; 22(1):28-34.
- (26) Blume ED, Naftel DC, Bastardi HJ, Duncan BW, Kirklin JK, Webber SA. Outcomes of children bridged to heart transplantation with ventricular assist devices: a multi-institutional study. *Circulation* 2006; 113(19):2313-2319.
- (27) Galantowicz ME, Stolar CJ. Extracorporeal membrane oxygenation for perioperative support in pediatric heart transplantation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1991; 102(1):148-151.
- (28) Canter CE, Shaddy RE, Bernstein D, Hsu DT, Chrisant MR, Kirklin JK et al. Indications for heart transplantation in pediatric heart disease: a scientific statement from the American Heart Association Council on Cardiovascular Disease in the Young; the Councils on Clinical Cardiology, Cardiovascular Nursing, and Cardiovascular Surgery and Anesthesia; and the Quality of Care and Outcomes Research Interdisciplinary Working Group. *Circulation* 2007; 115(5):658-676.
- (29) Leprince P, Aubert S, Bonnet N, Rama A, Leger P, Bors V et al. Peripheral extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in patients with posttransplant cardiac graft failure. *Transplant Proc* 2005; 37(6):2879-2880.

- (30) Fiser RT, Morris MC. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in refractory pediatric cardiac arrest. *Pediatr Clin North Am* 2008; 55(4):929-41, x.
- (31) Tajik M, Cardarelli MG. Extracorporeal membrane oxygenation after cardiac arrest in children: what do we know? *Eur J Cardiothorac Surg* 2008; 33(3):409-417.
- (32) Thiagarajan RR, Laussen PC, Rycus PT, Bartlett RH, Bratton SL. Extracorporeal membrane oxygenation to aid cardiopulmonary resuscitation in infants and children. *Circulation* 2007; 116(15):1693-1700.
- (33) Morris MC, Wernovsky G, Nadkarni VM. Survival outcomes after extracorporeal cardiopulmonary resuscitation instituted during active chest compressions following refractory in-hospital pediatric cardiac arrest. *Pediatr Crit Care Med* 2004; 5(5):440-446.
- (34) Cengiz P, Seidel K, Rycus PT, Brogan TV, Roberts JS. Central nervous system complications during pediatric extracorporeal life support: incidence and risk factors. *Crit Care Med* 2005; 33(12):2817-2824.
- (35) de Mos N, van Litsenburg RR, McCrindle B, Bohn DJ, Parshuram CS. Pediatric in-intensive-care-unit cardiac arrest: incidence, survival, and predictive factors. *Crit Care Med* 2006; 34(4):1209-1215.
- (36) Huang SC, Wu ET, Chen YS, Chang CI, Chiu IS, Wang SS et al. Extracorporeal membrane oxygenation rescue for cardiopulmonary resuscitation in pediatric patients. *Crit Care Med* 2008; 36(5):1607-1613.
- (37) Alsoufi B, Al Radi OO, Nazer RI, Gruenwald C, Foreman C, Williams WG et al. Survival outcomes after rescue extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in pediatric patients with refractory cardiac arrest. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2007; 134(4):952-959.
- (38) Ghez O, Fouilloux V, Charpentier A, Fesquet P, Lion F, Lebrun L et al. Absence of rapid deployment extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) team does not preclude resuscitation ecmo in pediatric cardiac patients with good results. *ASAIO J* 2007; 53(6):692-695.

- (39) Desmond Bohn MM, Duncan Macrae MF, Anthony C.Chang MM. Acute viral myocarditis: Mechanical circulatory support. *Pediatric Critical Care Medicine* 2006; 7(6):Suppl.
- (40) Duncan BW, Bohn DJ, Atz AM, French JW, Laussen PC, Wessel DL. Mechanical circulatory support for the treatment of children with acute fulminant myocarditis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001; 122(3):440-448.
- (41) Seib PM, Faulkner SC, Erickson CC, Van Devanter SH, Harrell JE, Fasules JW et al. Blade and balloon atrial septostomy for left heart decompression in patients with severe ventricular dysfunction on extracorporeal membrane oxygenation. *Catheter Cardiovasc Interv* 1999; 46(2):179-186.
- (42) Lee KJ, McCrindle BW, Bohn DJ, Wilson GJ, Taylor GP, Freedom RM et al. Clinical outcomes of acute myocarditis in childhood. *Heart* 1999; 82(2):226-233.
- (43) Wu ET, Huang SC, Chen YS, Wang JK, Wu MH, Ko WJ. Children with fulminant myocarditis rescued with extracorporeal membrane oxygenation. *Heart* 2006; 92(9):1325-1326.
- (44) Davies JE, Kirklin JK, Pearce FB, Rayburn BK, Winokur TS, Holman WL. Mechanical circulatory support for myocarditis: how much recovery should occur before device removal? *J Heart Lung Transplant* 2002; 21(11):1246-1249.
- (45) Duncan BW, Hraska V, Jonas RA, Wessel DL, del Nido PJ, Laussen PC et al. Mechanical circulatory support in children with cardiac disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1999; 117(3):529-542.
- (46) Hlavacek AM, Atz AM, Bradley SM, Bandisode VM. Left atrial decompression by percutaneous cannula placement while on extracorporeal membrane oxygenation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2005; 130(2):595-596.
- (47) Ann Arbor. Extracorporeal Life Support Organization. ECLS Registry Report:Cardiac Support. 2006.
- (48) Frenckner B, Radell P. Respiratory failure and extracorporeal membrane oxygenation. *Semin Pediatr Surg* 2008; 17(1):34-41.