

VOLUMEN 4 N° 1, 2020

ENBOMBA

ISSN: 2575-2650 | Órgano oficial de la Asociación Latinoamericana de Perfusión | Editado por ALAP. Aldie,VA.

LOS CIENTÍFICOS RUSOS Y EL INICIO DE LA CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA.

Diego Faria Marques

ROL DEL ECOCARDIOGRAMA EN ECMO

Janet Toribio

FLUJO PULSÁTIL INDUCIDO POR EL BALÓN DE CONTRAPULSACIÓN INTRAAÓRTICO DURANTE CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA.

Gabriela Tinoco

BIOSEGURIDAD 24/7.

Alileny Pérez Alemán





Espacio abierto para la discusión,
intercambio de ideas, teorías y opiniones.

¡PARTICIPA EN WWW.ASOCIACIONALAP.COM!





II CONGRESO ALAP COSTA RICA 2021

Visita nuestras redes para más información



SUMARIO

05 EDITORIAL
Bioseguridad 24/7

08 ARTÍCULO ORIGINAL
Comportamiento del equilibrio ácido básico y electrolítico en pacientes pediátricos con cebado sanguíneo

18 ARTÍCULO ORIGINAL
Efectos de las heparinas no fraccionadas sobre el tiempo de coagulación activado en pacientes sometidos a revascularización coronaria

26 ARTÍCULO DE REVISIÓN
Flujo pulsátil inducido por el balón de contrapulsación intraaórtico durante circulación extracorpórea.

36 ARTÍCULO DE REVISIÓN
Rol del Ecocardiograma en ECMO

46 LA OTRA MIRADA DEL PERFUSIONISTA
Tener el mundo a tus pies y el cielo tan cerca que casi puedes rozarlo con tus dedos.

49 A HOMBROS DE GIGANTES
Los científicos rusos y el inicio de la circulación extracorpórea.

56 TEST EN BOMBA

ENBOMBA

CONSEJO EDITORIAL

Presidente
Alileni Pérez Alemán.

Vicepresidente
Brígida Aguerrevere.

Brasil

Perf. Flavia Cristina Gomes Alves.
Perf. Raquel Christine Kruger Miranda.
Perf. Sintya Tertuliano Chalegre.
Perf. Elio Barreto de Carvalho Filho.

Chile

Dr. Eduardo Turner.
Dr. Jorge Urzua.

Colombia

Dr. Juan Pablo Umaña.
Dr. Leonardo Salazar.

Cuba

Dr. Antolín Romero Suárez.
Dr. Angel Manuel Paredes Cordero.

Ecuador

Dr. Ronald Contreras Andrade.
Dr. Gerardo Dávalos Dávalos.

Venezuela

Dr. Alexis Bello.

EQUIPO DE REDACCIÓN

Editor Jefe
Alexei Suárez Rivero.

Gerente de Mercadeo
María Menéndez.

Operaciones y Marketing
Humberto A. Lazo.

Diseño Gráfico y Maquetado
Sabrina Marin V.

ALAP ESTADOS UNIDOS

25371 Patriot Terrace
Aldie, VA. 20105.

Con la colaboración de:



Bioseguridad 24/7



Alileni Pérez Alemán. Presidente de ALAP

Nos reencontramos luego de un receso un poco más largo que el habitual. Hasta nuestra anterior entrega en diciembre de 2019, EN BOMBA venía circulando cada cuatro meses. A partir de la presente tendremos solo dos ediciones anuales. Cada número de la revista es el resultado de un intenso trabajo del equipo. No solo en cuanto a las labores editoriales en sí - diagramación, revisiones y un largo etcétera- sino sobre todo porque se nos hace cuesta arriba la obtención de contenidos. El aporte de publicaciones sigue siendo muy tímido por parte de nuestros colegas. Confiamos en que poco a poco nos animemos a plasmar por escrito nuestras investigaciones y experiencias. EN BOMBA continuará siendo el espacio ideal para sus iniciativas. Nuestras páginas están abiertas para todos.

Decir que *“corren los tiempos más difíciles”* suena muy redundante, sin duda alguna. Sin embargo el tema del COVID-19 se hace realmente perentorio. Desde las fuentes de información hasta las conversaciones más personales están siendo desbordadas y prácticamente no se habla de otra cosa. La pandemia SARS-Covid19 es una realidad lamentable que nos atañe a todos, pero que toca de manera muy especial a los profesionales de la salud. Y nosotros, los perfusionistas, estamos en ese segmento más sensible al contagio.

Desde las primeras sirenas de alarma, en ALAP nos hemos mantenido alertas, haciendo el más cercano seguimiento a todas las incidencias, informaciones y actualizaciones a las que vamos teniendo acceso, para ponerlas al alcance de todos a través de nuestro sitio web. En ella mantenemos un foro con todas las novedades y la participación de varios colegas. El foro es bastante activo y actualizado, aunque quisiéramos contar con la participación de muchos más de nosotros. Tenemos que vencer la apatía para dar ese primer paso y entrar. Adelante, amigos, siempre serán bienvenidos.

Durante este año, hemos convocado a quince webinars, cuatro de los cuales han estado centrados en la temática del SARS-Covid19:

1 - **COVID 19, Nuevos Retos para la Circulación Extracorpórea. Historia, Descripción e Impacto Mundial.** Bogotá, 30 de marzo - Presentado por: Marcela León, Julián Ariza, Alexandra Castaño, Nancy Giraldo.

2 - **Bioseguridad durante Circulación Extracorpórea y ECMO en Tiempos de SARS-Covid19.** Santiago de Chile, 8 de abril. Presentado por: Alexei Suárez Rivero (Ecuador), Maria V. Contreras (México), Francis Iglesia (España), Christian Fajardo (Chile) moderador.

3 - **Biossegurança durante CEC e ECMO em tempos de COVID 19** (Versión en portugués que se realizó conjuntamente con la Sociedad Brasileña de CEC).

4 - **Bioseguridad en Perfusión: Terapias Extracorpóreas; Aspectos Epidemiológicos del Entorno Hospitalario.** - ALAP y AEP (Asociación Española de Perfusionistas). Murcia, España /Manta, Ecuador, 19 de mayo - Juan Blanco Morillo (España) y Alexei Suárez Rivero (Ecuador).

Estos exitosos eventos online que han sido posibles gracias a nuestro estrecho y permanente contacto con las más importantes instituciones internacionales como la **ELSO LATAM, el Task Force de la AMSECT, la Sociedad Española de Cirugía Cardiovascular, la Asociación Española de Perfusionistas (AEP)**, —entre otros—, y han contado con una participación promedio de más de cuatrocientos colegas.

Hasta la fecha el número de perfusionistas contagiados en nuestra región es bajo. Hemos tenido reporte de un par de casos que afortunadamente han sido superados satisfactoriamente sin mayores complicaciones. Continuemos con el mayor de los cuidados y prevenciones para que la situación se mantenga dentro de los actuales parámetros. Sigamos estrictamente las normas y recomendaciones que nos ofrecen los especialistas. Ninguna precaución resultará excesiva.

Tenemos muy alentadoras noticias. El proceso de formación de E-Moderadores ha comenzado a dar buenos frutos: recientemente egresaron los primeros **Profesores Virtuales de Perfusión de ALAP**. Llegue hasta ellos nuestra felicitación y reconocimiento porque constituyen un importante fortalecimiento de nuestra Misión de Educación Continua.

Por otra parte, nos complace inmensamente anunciarles que a partir del 15 de junio comenzarán los **Cursos Online de Actualización en Perfusión** con excelentes y reconocidos profesores. Toda la información detallada, así como las fechas y modalidades que ofreceremos, será publicada en breve. Visiten nuestro sitio web y síganos en las redes sociales para mantenerse al tanto de esta novedosa oportunidad y sean de los primeros en asegurarse un cupo.

Continuar avanzando y alcanzar nuevos horizontes en medio de esta crisis mundial, nos ha exigido redoblar esfuerzos y prolongar las jornadas de trabajo. Lejos de bajar la guardia, nos hemos encumbrado sobre las dificultades para alcanzar nuestros objetivos cabalmente y ser un reconocido punto de encuentro para compartir información confiable y actualizada.

La crisis también nos ha golpeado contundentemente privándonos de los recursos que estaban previstos para financiar nuestro funcionamiento. Todos los simposios y otros eventos han tenido que ser suspendidos y con ellos los ingresos que debían generarnos. Y ni que decir de las afiliaciones cuando las membresías están en su mayoría insolventes. A pesar de las adversidades estamos en un muy buen momento como asociación, pero no dejan de preocuparnos los nubarrones que se vislumbran a la distancia y, que de alguna manera, nos salpican de incertidumbres.

Es hora de cerrar filas en torno a ALAP y que los “unos cuantos” que hemos estado remando, nos convirtamos en “muchos” brazos y mentes enfocados en continuar creciendo y consolidándonos. Compartimos con ustedes estas inquietudes y estamos abiertos para escuchar sus iniciativas y recibir sus aportes que siempre serán muy valiosos.



Alileni Pérez Alemán

Presidente Asociación
Latinoamericana de Perfusión

PREPARÁNDONOS PARA EL
**BOARD LATINOAMERICANO
DE PERFUSIÓN**



Visita www.asociacionalap.com

Comportamiento del equilibrio ácido básico y electrolítico en pacientes pediátricos con cebado sanguíneo.

Acid base and electrolyte balance behavior in pediatric patients with blood priming.

LIC. KAREN BECKFORD¹, LIC. SANDRA ACOSTA², DR. FRADWIKINGS VARGAS³.

1. Perfusionista cardiovascular. Hospital Dr. Rafael Hernández HRH. Panamá.

2. Perfusionista cardiovascular. Fundación Salud y Fundación Amigos de la Salud. Colombia.

3. Perfusionista cardiovascular. Centro Diagnostico, Medicina Avanzada y Telemedicina, CEDIMAT. República Dominicana.

RESUMEN

Introducción: La perfusión en cirugía cardiovascular pediátrica representa un desafío para todo el equipo cardiovascular. Pacientes pediátricos de bajo peso; por lo general, requieren la utilización de concentrados de glóbulos rojos en el cebado debido al impacto de la hemodilución en estos pacientes. Este estudio pretende analizar el impacto en el estado ácido-básico y metabólico de los niños cuando se utilizan glóbulos rojos en el cebado.

Objetivo: Describir el comportamiento del equilibrio ácido básico y electrolítico sanguíneo en pacientes pediátricos con cebado sanguíneo en circulación extracorpórea.

Método: Es un estudio descriptivo retrospectivo, que empleó una muestra de 20 pacientes pediátricos los cuales fueron clasificados en subgrupos según el área de superficie corporal (Q1: 0,19-0,28 m², Q2: 0,29-0,39 m², Q3: 0,40-0,53 m² y Q4: 0,54-1,21 m²) en los que se realizó cirugía cardíaca con cebado sanguíneo del circuito extracorpóreo. Se midieron las variables: pH, pCO₂, hematocrito, potasio, calcio, bicarbonato y exceso de bases, en los glóbulos rojos con los que se purgo el circuito; los gases sanguíneos: basales, al minuto uno y al minuto cinco de la perfusión. Se analizaron los datos según área de superficie corporal con el fin de buscar diferencias en los subgrupos.

Discusión: El grupo glóbulos rojos exhibió un importante desbalance ácido-básico y electrolítico: pH 6,90 (DE:±0,07), pCO₂ 130,18 mmHg (DE: ±19,60), potasio 9,79 mEq/l (DE: ±5,62), calcio 0,20 mEq/l (DE: ±0,006) y exceso de bases -18,89 mEq/l (DE: ±6,57). El grupo minuto uno presentó un ligero desequilibrio ácido-básico y electrolítico: pH 7,30 (DE: ±0,05), calcio 0,88 mEq/l (DE: ±0,21), bicarbonato 19,07 mEq/l (DE: ±2,63) y exceso de bases -6,57 (DE: ±3,18); el cual a los cinco minutos de perfusión (grupo minuto cinco) alcanzó un equilibrio ácido básico y electrolítico normal; pero persistió una ligera acidosis (7,33, DE: ±0,05). Los pacientes con mayor área de superficie corporal (>0,53m²) presentaron adecuado equilibrio ácido básico y electrolítico a los cinco minutos, mientras que aquellos con menor área (<0,53m²) evidenciaron compensación electrolítica, mas no ácido-básica a los cinco minutos de perfusión.

Conclusiones: El desequilibrio ácido-básico y electrolítico sanguíneo, por efecto del cebado sanguíneo en pacientes pediátricos que entran a circulación extracorpórea, podría ser regulado por sistemas compensatorios intrínsecos a los cinco minutos de la perfusión, lo que se pudo evidenciar en este análisis. No obstante, lo anterior podría deberse a múltiples factores teóricos como el priming con solución multielectrolítica y adecuado estado fisiopatológico pre-perfusión. Existen casos en donde probablemente se requiera adicionar de manera precoz algún medicamento para mediar la compensación ácido básica y electrolítica, debido a situaciones emergentes u otros factores contribuyentes, por lo cual se puede obtener otro tipo de estudios comparando variables estudiadas versus administración de bicarbonato de sodio en el cebado, implementación de la técnica de la ultrafiltración pre-perfusión y al inicio de la perfusión, antes y después de administrar la solución cardiopléctica. El área de superficie corporal de los pacientes pediátricos podría ser una variable independiente en el comportamiento de esta compensación ácido básica y electrolítica referida.

Palabras clave: Circulación extracorpórea, derivación cardiopulmonar, equilibrio ácido-base, perfusión.

Abreviaturas: (ASC) Área de superficie corporal; (pCO₂) presión parcial de dióxido de carbono; (CO₂) Dióxido de carbono; (DE) Desviación estándar.

SUMMARY

Introduction: Perfusion in pediatric cardiovascular surgery it's a challenge for the entire cardiovascular team. Low weight pediatric patients; generally require the use of red blood cell units in priming due to the impact of hemodilution in these patients. This study aims to analyze the impact on the acid-basic and metabolic state of children when red blood cells are used in priming.

Objective: Describe the behavior of the basic acid and electrolyte blood balance in pediatric patients with blood priming in extracorporeal circulation.

Method: Retrospective descriptive study, used a sample of 20 pediatric patients who were classified into subgroups according to the body surface area (Q1: 0.19-0.28 m², Q2: 0.29-0.39 m², Q3: 0.40-0.53 m² and Q4: 0.54-1.21 m²) in which cardiac surgery was performed with blood priming of the extracorporeal circuit. Measure variables were pH, pCO₂, hematocrit, potassium, calcium, bicarbonate, and base excess, in red blood cells used for priming the circuit; the blood gases: basal, at minute one and minute five of perfusion. Data were analyzed according to body surface area in order to look for differences in the subgroups.

Results: The group of red blood cells exhibited an important acid base and electrolyte imbalance: pH 6.90 (SD: ±0.07), pCO₂ 130.18 mmHg (SD: ±19.60), potassium 9.79 mEq/l (SD: ±5.62), calcium 0.20 mEq/l (SD: ±0.006) and excess base -18.89 mEq/l (SD: ±6.57). Group one showed a slight acid base and electrolyte imbalance: pH 7.30 (SD: ±0.05), calcium 0.88 mEq/l (SD: ±0.21), bicarbonate 19.07 mEq/l (SD: ±2.63) and excess base -6.57 (SD: ±3.18); which after five minutes of perfusion (group minute five) reached a normal basic acid and electrolyte blood balance; but a slight acidosis persisted (7.33, SD: ±0.05).

Patients with higher body surface area (>0.53m²) presented adequate basic acid and electrolyte blood balance at five minutes, while those with lower body surface area (<0.53m²) showed electrolytic compensation, but not base acid at five minutes of perfusion.

Conclusions: The acid base and electrolyte imbalance in the blood, due to the effect of the blood priming in pediatric patients who are intervene with extracorporeal circulation, could be regulated by intrinsic compensatory systems five minutes after the infusion, which could be evidenced in this analysis. However, this could be cause by multiple theoretical factors such as priming with a multi-electrolyte solution and an adequate pre-perfusion pathophysiological state. There are cases in which it is probably required to add some drug early to mediate the compensation of acid base and electrolytic state, due to emergent situations or other contributing factors, for which other types of studies can be performed comparing variables studied versus administration of sodium bicarbonate in priming. The implementation of the pre-perfusion ultrafiltration technique, at the beginning of perfusion and before and after administering the cardioplegic solution. The body surface area of pediatric patients could be an independent variable in the behavior of this referred acid base and electrolytic compensation.

Key words: Extracorporeal circulation, cardiopulmonary bypass, acid-base balance, perfusion.

Abbreviation: (BSA) Body surface area; (pCO₂) Partial pressure of carbon dioxide; (CO₂) Carbon dioxide; (SD) Standard Deviation.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la perfusión en cirugía cardiovascular pediátrica representa un desafío para todo el equipo cardiovascular. Los pacientes pediátricos de bajo peso, por lo general, requieren la utilización de concentrados de glóbulos rojos en el cebado debido al impacto de la hemodilución en estos pacientes. Este estudio pretende analizar el impacto en el estado ácido-básico y metabólico de los niños cuando se utilizan glóbulos rojos en el cebado.

El presente trabajo incluyó una muestra de 20 pacientes pediátricos en los que se usó cebado sanguíneo del circuito extracorpóreo, para contestar la pregunta central: ¿Cuál es el comportamiento del equilibrio ácido-básico y electrolítico de los pacientes pediátricos, en los que se realiza cebado sanguíneo sin adición de medicamentos y ultrafiltrado los

primeros cinco minutos? Y a la pregunta secundaria: ¿Influye el área de superficie corporal de los pacientes generando diferencias en este comportamiento?

MÉTODO

Estudio descriptivo retrospectivo, realizado en el Departamento de Cirugía Cardiovascular Pediátrica del Centro Diagnóstico de Medicina Avanzada y Telemedicina (CEDIMAT), periodo de 2018 – 2019. Se obtuvo la aprobación del Comité de Ética del hospital para este estudio, para la recolección de datos se utilizó el registro de perfusión. Se tomó una muestra por conveniencia de 24 pacientes pediátricos, a quienes se les realizó una cirugía cardiaca en circulación extracorpórea con cebado sanguíneo; de los cuales 20 cumplieron con los criterios de inclusión: paciente pediátrico que requiera cirugía cardiaca con circulación extracorpórea y cebado sanguíneo, pacientes pediátricos

sometidos a cirugía cardiaca de forma programada y edad incluida desde neonatos hasta 16 años.

Para la perfusión de los pacientes se empleó una bomba de rodillo (Sorin S5, Munich) y oxigenadores lactante Capiox RX05 y pediátrico Capiox RX15 (Terumo, Maryland), según el requerimiento de flujo sanguíneo de los pacientes. Para el cebado del circuito se emplearon aproximadamente 300 ml de cristaloide (Multytilos-R, laboratorios ALFA Rep. Dominicana), para el Capiox RX05, y 700 ml para el Capiox RX15; se colocó heparina en el circuito a 1 mg/kg de peso del paciente y se recirculó el cebado. Fueron adicionados entre 100 ml y 150 ml de concentrado de glóbulos rojos y se extrajo cristaloide del circuito; la cantidad de cristaloide que se extrajo es la misma de glóbulos rojos que se agregó. Finalmente, se administraron gases frescos a bajo flujo a través del mezclador de gases (*blender*), aire comprimido y oxígeno).

Las muestras de sangre fueron recolectadas como se describe a continuación:

Muestra 1: Sangre arterial tomada del paciente antes de la perfusión (gasometría basal), a través de la línea de presión arterial. Todas las muestras fueron analizadas con un gasómetro (IRMA TRUE point, ITC, Estados Unidos), utilizando la técnica alfa-stat de manejo de gases.

Muestra 2: La sangre es tomada de la bolsa de concentrado de eritrocitos, mantenida a una temperatura entre 2 a 8 °C.

Muestra 3: Sangre arterial tomada al minuto de iniciada la perfusión de la membrana de oxigenación con un flujo sanguíneo ajustado al peso del paciente y temperatura. El flujo de gas fue calculado a 0,09 x peso en kg y la FiO₂ al entrar en circulación extracorpórea fue de 50 a 55%, la temperatura al inicio de la perfusión se mantiene entre 34 a 35 °C según protocolo de la institución, para cirugías complejas se bajó la temperatura entre 28 y 32°C.

Muestra 4: Fue tomada a los 5 minutos de la perfusión usando igual técnica que al minuto uno.

Se calcularon los valores de mediana, media y desviación estándar para cada variable: pH, pCO₂, potasio, calcio, bicarbonato y exceso de bases.

RESULTADOS

Aspectos generales

Esta muestra se caracterizó por tener un rango de edad entre los 23 días y 14 años, con un promedio de 35,98 meses (DE: ±53,11) y una mediana de 12 meses, un rango de peso entre 2,6 kg y 34 kg, con una media de 11,22 kg (DE: ±9,45) y una mediana de 7,9 kg. La distribución por sexo fue de 55% para masculino y 45% para femenino. Dentro de los datos clínicos se observó una mayor frecuencia para el procedimiento corrección de canal auriculoventricular (30%), seguido de corrección de comunicación interventricular (25%), corrección de Tetralogía de Fallot (20%).

Resultados del comportamiento del equilibrio ácido básico y electrolítico de cada uno de los grupos (glóbulos rojos, basal, minuto 1, minuto 5).

TABLA 1: CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS VARIABLES EN LOS DIFERENTES MOMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS					
VARIABLE	VALOR MÍN	VALOR MÁX	MEDIANA	MEDIA	D.E
Grupo Glóbulos Rojos					
pH	6,76	7,01	6,91	6,90	±0,07
pCO ₂ (mmHg)	95,90	169,90	126,45	130,18	±19,60
hematocrito (%)	32,30	80,00	57,45	58,82	±12,97
potasio (mEq/l)	1,00	20,00	8,35	9,79	±5,62
calcio (mEq/l)	0,20	0,23	0,20	0,20	±0,006
bicarbonato (mEq/l)	20,90	32,30	24,20	24,46	±2,51
exceso de bases (mEq/l)	-37,80	-11,50	-16,95	-18,89	±6,57
Grupo Basal					
pH	7,32	7,54	6,91	6,90	±0,07
pCO ₂ (mmHg)	23,90	47,7	126,45	130,18	±19,60
hematocrito (%)	26,20	47,10	57,45	58,82	±12,97
potasio (mEq/l)	2,70	4,79	8,35	9,79	±5,62
calcio (mEq/l)	1,18	1,76	0,20	0,20	±0,006
bicarbonato (mEq/l)	17,00	26,50	24,20	24,46	±2,51
exceso de bases (mEq/l)	-5,00	4,00	-16,95	-18,89	±6,57
Grupo minuto 1					
pH	7,17	7,39	7,30	7,30	±0,05
pCO ₂ (mmHg)	26,80	50,50	38,35	39,06	±6,12
hematocrito (%)	20,00	39,40	25,55	27,27	±4,79
potasio (mEq/l)	3,30	5,60	4,45	4,48	±0,56
calcio (mEq/l)	0,41	1,28	0,88	0,88	±0,21
bicarbonato (mEq/l)	13,00	24,40	19,35	19,07	±2,63
exceso de bases (mEq/l)	-12,10	0,10	-5,70	-6,57	±3,18
Grupo minuto 5					
pH	7,22	7,43	7,33	7,33	±0,05
pCO ₂ (mmHg)	34,50	51,70	42,15	42,23	±4,68
hematocrito (%)	19,00	37,10	25,95	27,08	±4,77
potasio (mEq/l)	3,07	5,58	3,94	3,97	±0,64
calcio (mEq/l)	0,85	1,35	1,16	1,13	±0,12
bicarbonato (mEq/l)	18,00	24,80	21,65	21,56	±1,85
exceso de bases (mEq/l)	-8,20	0,00	-3,50	-3,70	±2,46

La Tabla 1 muestra una síntesis de los valores mínimo, máximo, mediana, media y desviación estándar para cada una de las variables analizadas en los cuatro grupos de estudio.

Resultados del comportamiento del equilibrio ácido básico y electrolítico de los grupos minuto 1 y minuto 5 según el ASC de los pacientes.

Para analizar el comportamiento de las variables en el grupo minuto uno y el grupo minuto cinco según el ASC de los pacientes; éstos se agruparon en cuartiles como se describe: el cuartil uno (Q1) de 0,19 a 0,28 m², el cuartil dos (Q2) de 0,29 a 0,39 m², el cuartil tres (Q3) de 0,40 a 0,53 m² y el cuartil cuatro (Q4) de 0,54 a 1,21 m².

Las variables pCO₂, hematocrito y potasio presentaron valores promedio esperados tanto al minuto 1 como al minuto 5 en los diferentes grupos de pacientes según ASC. El Gráfico 1 representa el comportamiento de la variable calcio según ASC, tomando en cuenta sus valores promedio.

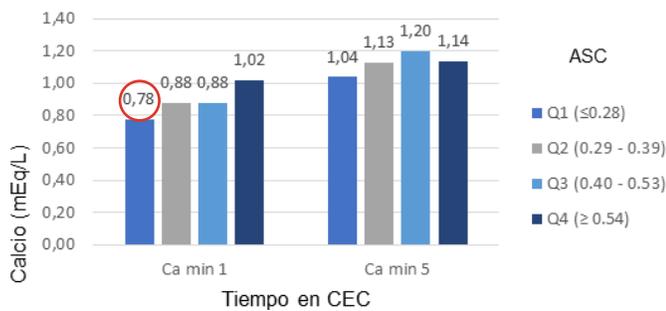


Gráfico 1. Comportamiento del calcio según ASC en el grupo minuto 1 y grupo minuto 5.

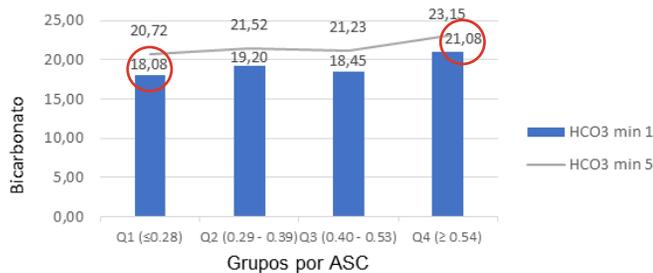


Gráfico 2. Comportamiento del bicarbonato según ASC en el grupo minuto 1 y grupo minuto 5.

En los Gráficos 2, 3 y 4, se muestra el comportamiento de las variables bicarbonato, exceso de bases, pH en los diferentes grupos según ASC.

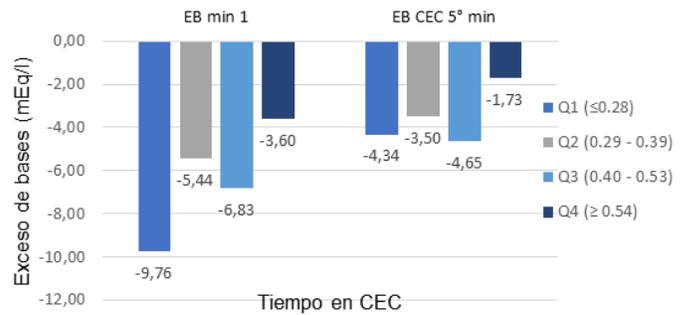


Gráfico 3. Comportamiento el exceso de bases según ASC en el grupo minuto 1 y grupo minuto 5.

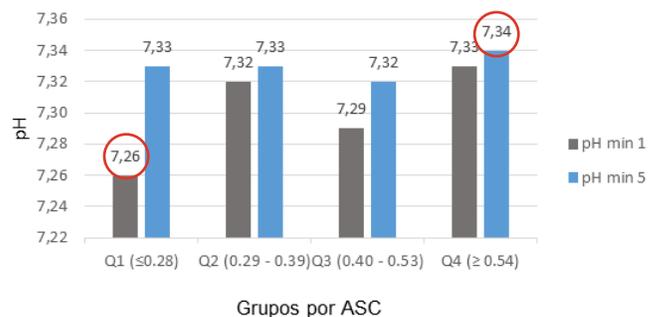


Gráfico 4. Comportamiento del pH según ASC en el grupo minuto 1 y grupo minuto 5.

DISCUSIÓN

Los concentrados de glóbulos rojos (GRE), utilizados para el cebado sanguíneo en este estudio se pueden clasificar como frescos, con un tiempo de almacenamiento de 1 a 6 días (media 2,7 días [DE:±1,52], mediana 2 días). Bishnoi denominó frescos a los glóbulos rojos ≤ a 14 días de almacenamiento, Shoeder, aquellos ≤ a 12 días de almacenamiento.^{1,2} Otros autores han establecido menos días de almacenamiento como punto de corte: Ranucci denominó frescos a los GRE ≤ 4 días, y para Keidan eran frescos aquellos ≤ 5 días.^{3,4} Está ampliamente soportado que ha mayor tiempo de almacenamiento de los GRE más deterioro de los mismos.^{5,6}

A pesar de considerarse frescos, los GRE utilizados para el cebado en este estudio presentaron un marcado desequilibrio ácido básico y electrolítico. Este hallazgo se explica por los cambios bioquímicos, fisiológicos y morfológicos que ocurren durante su almacenamiento, denominado lesión por almacenamiento.⁷ El pH en el grupo glóbulos rojos mostró una acidosis severa (media: 6,90, DE:±0,07), la cual se atribuye a dos condiciones: primero, el aditivo de conservación de los

glóbulos rojos utilizado para este estudio fue CDAP-2, con un pH entre 5,5 y 6,0.⁸

Segundo, el agotamiento de ATP necesario para el metabolismo de los glóbulos rojos conlleva a la acumulación de ácido láctico, que también contribuye a la acidosis.⁹ Se analizaron otras variables relacionadas al equilibrio ácido base como: pCO_2 , bicarbonato y exceso de bases en estos concentrados globulares, se encontró: hipercapnia (media: 130 mmHg, DE: $\pm 19,60$). Keidan y cols. encontraron resultados similares: en glóbulos rojos ≤ 5 días una pCO_2 promedio de 113 mmHg y en glóbulos rojos ≥ 5 días de 155 mmHg; esta alta presión parcial del dióxido de carbono también explica la acidosis.⁴

El bicarbonato en los glóbulos rojos se halló dentro valores normales (media: 24,46 mEq/l, DE: $\pm 2,51$), a pesar de existir una acidosis extrema, éste no fue aumentado por sistemas compensatorios, ya que la hipotermia de la sangre almacenada (2 a 6° C) inactiva la actividad de la enzima anhidrasa carbónica. En su estudio, Huyut; demostró que la actividad de la anhidrasa carbónica total de eritrocitos almacenados disminuyó de forma dependiente en el tiempo.¹⁰

Se evidenció un desbalance en los electrolitos: potasio y calcio. La hipercalcemia severa (media: 9,79 mEq/l, DE: $\pm 6,62$) se debe a la pérdida de este ion del interior del eritrocito ya sea por eriptosis o por pérdida de potasio pasiva debido a que la hipotermia durante el almacenamiento apaga la bomba de intercambio de sodio/potasio dependiente de ATP.^{9,11} Se encontró hipocalcemia severa (0,20 mEq/l, DE: $\pm 0,006$) tal como se esperaba, debido al citrato que contiene la solución conservante CPDA-2, el cual se une al calcio iónico y lo deja inactivo previniendo la coagulación de la sangre contenida en la bolsa.^{12,13}

Comportamiento de las variables en el grupo basal, minuto 1 y minuto 5.

En el análisis correspondiente a cada una de las variables en los grupos basal, minuto 1, minuto 5; se evidenciaron tres diferentes patrones de comportamiento que se describen a continuación:

1) Variables que presentaron valores promedio normales en los grupos de estudio basal, minuto 1, minuto 5; estas son: pCO_2 , hematocrito y potasio.

La pCO_2 evidenció una muy ligera hipocapnia en el grupo basal (34,91 mmHg; DE: $\pm 5,90$). Al iniciar la perfusión, utilizando los concentrados de glóbulos rojos que mostraron hipercapnia; la pCO_2 se observa compensada tanto al minuto uno como a los cinco minutos de la perfusión (39,06 mmHg, DE: $\pm 6,12$ y 42,23 mmHg, DE: $\pm 4,68$). Al momento de adicionar los glóbulos rojos al cebado, se administra un bajo flujo de gases continuo a través del blender, lo que sugiere que probablemente la pCO_2 ya se encontraba compensada en el cebado sanguíneo antes del inicio de la perfusión.

El hematocrito en el grupo basal se halló en los límites inferiores del rango fisiológico (33,22%, DE: $\pm 4,49$). Al iniciar la perfusión, tanto al minuto uno como al cinco; los pacientes presentaron un descenso del hematocrito (27,27%, DE: $\pm 4,79$ y 27,08%, DE: $\pm 4,77$) por hemodilución, el cual es permisivo en pacientes que se inducen a una hipotermia leve.¹⁴

Concerniente al potasio, los glóbulos rojos marcaron hipercalcemia (9,79 mEq/l, DE: $\pm 5,62$), estos hallazgos coinciden con los de Liu y cols. que registraron valores promedio de potasio de 15,2 mEq/l en glóbulos rojos con 15 días de almacenamiento.¹⁵ En el grupo basal los pacientes exhibieron normocalcemia (4,07 mEq/l, DE: $\pm 0,42$); valores que se mantuvieron dentro del rango normal al minuto uno y a los cinco minutos (4,48 mEq/l, DE: $\pm 0,56$ y 3,97 mEq/l, DE: $\pm 0,64$). El exceso de potasio contenido en los concentrados de glóbulos rojos no repercutió en los niveles plasmáticos en los pacientes del presente estudio y fueron compensados en menos de un minuto, por el denominado movimiento intracelular que opera como primera línea de defensa para la regulación del potasio. Ranucci, Bishnoi, y Keidan también reportaron valores de potasio normales durante la perfusión en los niños en los que se empleó cebado hemático.^{1,3,4,16,17}

2) Variables que presentaron valores promedio normales en el grupo basal, pero mostraron valores antifisiológicos al minuto 1 de perfusión y que posteriormente se compensaron al minuto 5; son: el calcio y el bicarbonato.

Los valores de calcio en el grupo basal se encontraron normales (1,33 mEq/l, DE: $\pm 0,12$). Al inicio de la perfusión, en el grupo minuto uno se observan niveles disminuidos de calcio (0,88 mEq/l, DE: $\pm 0,21$) pudiendo atribuirse a la combinación con citrato y a la ausencia de calcio en la solución multielectrolítica de cebado, el cual alcanza su

valor normal (1,13 mEq/l, DE: $\pm 0,12$) a los cinco minutos de perfusión. De acuerdo a la revisión bibliográfica, 3 g de citrato se metabolizan aproximadamente en cinco minutos en individuos sin daño hepático.^{18,19} El metabolismo de una molécula de citrato produce la liberación del calcio unido, lo cual explica por qué a los cinco minutos el nivel calcio en plasma retornó a la normalidad.²⁰

Con relación al bicarbonato, éste se encontró en niveles normales en el grupo glóbulos rojos (24,6 mEq/l, DE: $\pm 2,51$) y en el grupo basal (22,94 mEq/l, DE: $\pm 2,38$). En el primer minuto de perfusión presentó un ligero descenso (19,07 mEq/l, DE: $\pm 2,63$), que a los cinco minutos exhibe valores casi fisiológicos (21,56 mEq/l, DE: $\pm 1,85$), sin haber adicionado bicarbonato de sodio previamente al cebado, la compensación podría ser efecto de la acción alcalinizante del acetato que contiene la solución multielectrolítica y/o por mecanismos intrínsecos compensatorios.

3) Variables que presentaron valores promedio normales en el grupo basal, pero al minuto 1 exhibieron valores fuera del rango fisiológico, lo cual persistió al minuto 5 de perfusión; estas variables son: pH y exceso de bases.

La variable pH presentó valores normales en el grupo basal (7,43, DE: $\pm 0,06$); al primer minuto de perfusión mostró un descenso marcado (7,30, DE: $\pm 0,05$), lo cual sugiere que los concentrados de glóbulos rojos indujeron esta acidosis. A los cinco minutos, se observa una compensación del pH a valores casi fisiológicos (7,33, DE: $\pm 0,05$).

La literatura expone que ante una acidosis, el pH es regulado a través de la activación de una primera línea de defensa: los sistemas amortiguadores de los líquidos orgánicos, que reaccionan en segundos; los cuales no eliminan ni añaden iones H⁺ al organismo, sino que los atrapan hasta que pueda restablecerse el equilibrio.²¹

El comportamiento del exceso de bases evidenció niveles equilibrados en el grupo basal (-0,41 mEq/l, DE: $\pm 2,62$). Al primer minuto de la perfusión se evidenció la aparición de un déficit de bases (-6,57 mEq/l, DE: $\pm 3,18$); que a los cinco minutos alcanza valores más cercanos con referencia a los normales (-3,70 mEq/l, DE: $\pm 2,46$). Estos resultados son congruentes con el pH en los diferentes momentos de las mediciones; observándose que ha menor pH, mayor déficit de bases; ya que el exceso de bases refleja la cantidad

de bicarbonato de sodio faltante en líquido extracelular para mantener un pH normal (7,40).²²

Comportamiento del equilibrio ácido básico y electrolítico de los grupos minuto 1 y minuto 5 según el ASC de los pacientes.

El pH mostró una conducta diferente en el grupo de menor ASC (Q1) en comparación al grupo de mayor ASC (Q4). Al primer minuto el grupo Q1 presentó acidosis severa (7,26), la cual al minuto cinco alcanza una compensación a una acidosis ligera (7,33); mientras que el grupo Q4 obtuvo el pH más cercano a los valores fisiológicos al minuto uno (7,33) y al minuto cinco (7,34) de los cuatro grupos. El comportamiento del pH sugiere que a menor ASC, mayor es el impacto de la acidosis de los glóbulos rojos en el pH de los pacientes al primer minuto de la perfusión; pero que mecanismos compensatorios de primera defensa, amortiguan el exceso de hidrogeniones rápidamente; tanto que a los cinco minutos el pH alcanza niveles casi fisiológicos independientemente del ASC de los pacientes.

Tanto la pCO₂ como el potasio, mantuvieron valores normales en los diferentes grupos de ASC, al minuto y al minuto cinco. En cuanto al hematocrito, se encontraron valores asociados a una anemia permisible en perfusión (Htc $\geq 25\%$) en todos los grupos al minuto uno y cinco, excepto en el grupo Q3 a los cinco minutos (24,68%); pero muy cercano al valor permisible.

Un análisis de la conducta del calcio muestra que al primer minuto de perfusión, éste alcanzó niveles fisiológicos (1,02 mEq/l) únicamente en el grupo de mayor ASC (Q4); encontrando el valor nadir (0,78mEq/l) para esta variable en el grupo de menor ASC (Q1). Estos hallazgos aconsejan que el impacto de los glóbulos rojos usados para el cebado sanguíneo sobre el calcio iónico, podría ser mayor en pacientes con ASC pequeña, no obstante; en menos de cinco minutos la hipocalcemia es corregida independientemente del ASC del paciente, debido a que el citrato que la provoca en metabolizado como se ha descrito.^{18, 23-24}

El bicarbonato presentó valores subclínicos en todos los grupos al minuto uno de perfusión, y el valor nadir (18,08 mEq/l) se halló en el grupo de menor ASC (Q1); pero estos valores no se consideran críticos. A los cinco minutos, únicamente el grupo de mayor ASC (Q4) alcanzó niveles normales de bicarbonato (23,15 mEq/l). La variable exceso de bases manifiesta una conducta similar. Y aunque a los cinco minutos, los valores de

exceso de bases se acercan más a los normales, únicamente el grupo de mayor ASC exhibe valores normales (-1,73 mEq/l).

En general, el análisis del comportamiento ácido-básico y electrolítico según ASC para las variables pH, calcio, bicarbonato y exceso de bases manifiesta que: a menor ASC y menor tiempo de perfusión sus valores se alejan más de los fisiológicos y de manera opuesta, a mayor ASC y mayor tiempo de perfusión, sus valores se acercan más a los fisiológicos, efecto de la acción de mecanismos compensatorios del organismo.

CONCLUSIONES

El grupo glóbulos rojos presentó un desequilibrio ácido-básico y electrolítico importante, caracterizado por: acidosis, hipercapnia, hipocalcemia, hipercalemia y déficit de bases, tal como está descrito en la literatura.

Los resultados obtenidos sugieren que: los pacientes pediátricos que reciben cebado sanguíneo en circulación extracorpórea, alcanzan la compensación de variables como pCO_2 , potasio, calcio y bicarbonato antes de los cinco minutos de perfusión por acción de los sistemas compensatorios intrínsecos del organismo y/o de la solución multielectrolítica con pH balanceado, más no completamente del pH y exceso de bases.

Los pacientes con ASC pequeña ($\leq 0,53m^2$) presentaron un desequilibrio ácido-básico y electrolítico más marcado al primer minuto de la perfusión en comparación con los grupos de mayor ASC. Los pacientes con ASC pequeña ($\leq 0,53m^2$) alcanzaron a los cinco minutos compensación electrolítica: potasio y calcio; mientras que, con las variables referentes al equilibrio ácido básico: pH, bicarbonato y exceso de bases; exhibieron valores más alejados a los fisiológicos en comparación con los pacientes de mayor ASC.

Los resultados obtenidos con relación al ASC sugieren que: los pacientes con ASC pequeña no alcanzan la compensación ácido-básica tan rápidamente como los de mayor ASC o requieren algún ajuste metabólico del cebado. Además, el equilibrio electrolítico se alcanza más rápida y fácilmente que el equilibrio ácido-básico. Futuros estudios serían necesarios para continuar validando los resultados encontrados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bishnoi AK, Garg P, Patel K, Ananthanarayanan C, Shah R, Solanki A, et al. Effect of Red Blood Cell Storage Duration on Outcome After Paediatric Cardiac Surgery: A Prospective Observational Study. *Hear Lung Circ.* 2019;28(5):784-91.
2. Schroeder TH, Hansen M. Effects of fresh versus old stored blood in the priming solution on whole blood lactate levels during paediatric cardiac surgery. *Perfusion.* 2005;20(1):17-9.
3. Ranucci M, Carlucci C, Isgrò G, Boncilli A, De Benedetti D, De la Torre T, et al. Duration of red blood cell storage and outcomes in pediatric cardiac surgery: an association found for pump prime blood. *Crit Care.* 2009;13(6):R207.
4. Keidan I, Amir G, Mandel M, Mishali D. The metabolic effects of fresh versus old stored blood in the priming of cardiopulmonary bypass solution for pediatric patients. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2004;127(4):949-52.
5. García-Roa M, Vicente-Ayuso M, Bobes AM, Pedraza AC, González-Fernández A, Martín MP, Sáez I, Seghatchian J, Gutiérrez L. Red blood cell storage time and transfusion: current practice, concerns and future perspectives. *Blood Transfus.* [Internet]. 2017 May; 15(3):222-231. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28518049>
6. Escamilla G. Lesiones de Almacenamiento. *Revista Mexicana de Medicina Transfusional.* 2010 [citado: 21 nov, 2019]; 3(Suppl 1): 48-54.
7. D'Alessandro A, Gray AD, Szczepiorkowski ZM, Hansen K, Herschel LH, Dumont LJ. Red blood cell metabolic responses to refrigerated storage, rejuvenation, and frozen storage. *Transfusion.* 2017;57(4):1019-30. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/trf.14034>
8. Yoshida T, Prudent M, D'alessandro A. Red blood cell storage lesion: causes and potential clinical consequences. *Blood Transfus* [Internet]. 2019;17(1):27-52. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6343598/>
9. Hess JR. Measures of stored red blood cell quality. *Vox Sang* [Internet]. 2014;107(1):1-9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24446817>
10. Huyut Z, Şekeroğlu MR, Balahoroğlu R, Karakoyun T, Çokluk E. The Relationship of Oxidation Sensitivity of Red Blood Cells and Carbonic Anhydrase Activity in Stored Human Blood: Effect of Certain Phenolic Compounds. *Biomed Res Int.* 2016;2016:3057384. doi:10.1155/2016/3057384.
11. Peñuela OA, Urbina A, Palomino LF. Alteraciones bioquímicas de los eritrocitos almacenados en condiciones estándar de banco de sangre. *Revista de la Facultad de Medicina.* 2002;50(3):147-153. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/revfacmed/article/view/19916>.
12. Lee G, Arepally GM. Anticoagulation techniques in apheresis: From

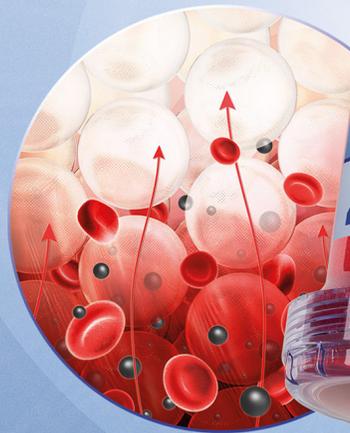
- heparin to citrate and beyond. *J Clin Apher.* 2012;27(3):117–25. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22532037>
13. DiFrancesco NR, Gaffney TP, Lashley JL, Hickerson KA. Hypocalcemia and Massive Blood Transfusions. *J Trauma Nurs.* 2019;26(4):186–92. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31283747>
14. Souza M, Elias D. *Fundamentos da Circulação Extracorpórea.* Segunda Edição. Rio de Janeiro: Centro Editorial Alfa Rio; 2006.
15. Liu J, Ji B, Feng Z, Zhao J, Li C, Li B, et al. The Effect of Preprocessing Stored Red Blood Cells on Neonates Undergoing Corrective Cardiac Surgery. *ASAIO J.* 2007;53(6):680–3. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18043146>
16. Palmer BF. Regulation of Potassium Homeostasis. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2015;10(6):1050–60. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24721891>
17. Bishnoi AK, Garg P, Patel K, Solanki P, Surti J, Solanki A, et al. Effect of Prime Blood Storage Duration on Clinical Outcome After Pediatric Cardiac Surgery. *World J Pediatr Congenit Heart Surg.* 2017;8(2):166–73.
18. Giancarelli A, Birrer KL, Alban RF, Hobbs BP, Liu-DeRyke X. Hypocalcemia in trauma patients receiving massive transfusion. *J Surg Res.* 2016;202(1):182–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27083965>
19. Schneider AG, Journois D, Rimmelé T. Complications of regional citrate anticoagulation: accumulation or overload? *Crit Care [Internet].* 2017 Dec 19 [cited 2019 Sep 11];21(1):281. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29151020>
20. Gattas DJ, Rajbhandari D, Bradford C, Buhr H, Lo S, Bellomo R. A Randomized Controlled Trial of Regional Citrate Versus Regional Heparin Anticoagulation for Continuous Renal Replacement Therapy in Critically Ill Adults. *Crit Care Med.* 2015;43(8):1622–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25853591>
21. Hall J. Guyton y Hall, *Tratado de Fisiología Médica.* Décimo tercera edición. Barcelona: Elsevier; 2016.
22. Doldán Pérez Oscar. Trastornos del equilibrio ácido básico. *Pediatra (Asunción).* 2006;33(1):32-41. Disponible en: http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-98032006000100006&lng=en
23. Ogunlesi TA, Lesi FE, Oduwale O. Prophylactic intravenous calcium therapy for exchange blood transfusion in the newborn. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017;10(10):CD011048. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29022989>
24. Vohra HA, Adluri K, Willets R, Horsburgh A, Barron DJ, Brawn WJ. Changes in potassium concentration and haematocrit associated with cardiopulmonary bypass in paediatric cardiac surgery. *Perfusion.* 2007;22(2):87–92. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17708157>
- Fecha de recepción: 08/05/2020
Fecha de aceptación: 26/05/2020

CytoSorb Therapy - REGAIN CONTROL

Purificación sanguínea inteligente
en cirugía cardíaca de alto riesgo

- Estabilización hemodinámica y menor necesidad de vasopresores
- Prevención y tratamiento de la disfunción orgánica
- Remoción del exceso de citocinas, mioglobina o bilirrubina
- Reducción de complicaciones hemorrágicas

NUEVO
Aprobado para la eliminación intraoperatoria de
ticagrelor / rivaroxaban
durante la circulación extracorpórea (CEC)^(*)



¡Visite www.cytosorb.com para aprender más!



Asociación Latinoamericana de Perfusión

UNA ASOCIACIÓN POR Y PARA LOS PERFUSIONISTAS

UNA PASIÓN - UN PACIENTE - UNA VIDA

www.asociacionalap.com

Efectos de las heparinas no fraccionadas sobre el tiempo de coagulación activado en pacientes sometidos a revascularización coronaria.

Effects of unfractionated heparins on activated clotting time in patients undergoing coronary revascularization.

NESTOR RAUL RIOS PINZON¹, BRÍGIDA AGUERREVERE², ANÍBAL ARTEAGA NORIEGA³

1. CEDIMAT. Santo Domingo, Republica Dominicana.

2. Jefe de Departamento de Perfusión, CEDIMAT. Santo Domingo, República Dominicana.

3. Programa de Enfermería, Uniremington. Medellín, Colombia.

RESUMEN

Introducción: Durante la cirugía de revascularización coronaria observamos un comportamiento diferente con respecto a los tiempos de coagulación activada en pacientes durante la derivación cardiopulmonar. Estos muestran valores disminuidos y mayor repetición de dosis de heparina. La administración de heparina no fraccionada es necesaria para alcanzar un valor óptimo en los tiempos de coagulación activada, que debe ser superior a 480 segundos, para poder iniciar la derivación cardiopulmonar y proceder con la cirugía.

Objetivo: Determinar los efectos de diferentes heparinas no fraccionadas sobre los valores de tiempos de coagulación activada en pacientes sometidos a cirugía de revascularización miocárdica.

Métodos: Se realizó un estudio descriptivo retrospectivo con enfoque cuantitativo de las bases de datos del Departamento de Cirugía Cardíaca de Adultos del Centro Diagnóstico de Medicina Avanzada y Telemedicina. Se escogieron de forma aleatoria 90 pacientes en total, divididos en 3 grupos de 30 casos, en los cuales solo se usó una marca de heparina no fraccionada por grupo [Cristalia (Sao Paulo, Brasil); Leo (Pharma, Barcelona, España) y Sanderson (Santiago de Chile, Chile)], en toda la cirugía y se analizó su efectividad con el tiempo de coagulación activado e índice de sensibilidad a la heparina, además se analizaron las comorbilidades: Diabetes mellitus insulino dependiente y no insulino dependiente y su relación con el tiempo de coagulación activada.

Resultados: La heparina Leo muestra mejores efectos en comparación a las otras heparinas no fraccionadas Sanderson y Cristalia, alcanzo valores óptimos de tiempo de coagulación activada superior a 480 segundos y requirió menos repeticiones de dosis de heparina.

Conclusiones: Los efectos de las heparinas no fraccionadas en los tiempos de coagulación activada durante la cirugía de revascularización coronaria pueden variar dependiendo de la marca comercial y la presencia de comorbilidades como la diabetes mellitus tratada con insulina. Las heparinas no fraccionadas mostraron mejores efectos, con en relación con los tiempos de coagulación activada en los pacientes con diabetes mellitus sin tratamiento con insulina.

Palabras clave: Heparina no fraccionada, tiempo de coagulación activada, cirugía de revascularización coronaria, índice de sensibilidad a la heparina.

SUMMARY

Introduction: During coronary bypass graft surgery we observed a different behavior with respect to activated coagulation times in patients undergoing cardiopulmonary bypass, showing decreased values and greater needs of heparin redose. The administration of unfractionated heparin is necessary to achieve an optimal value that must be greater than 480 seconds in order to start cardiopulmonary bypass and proceed with coronary bypass graft surgery.

Objective: To determine the different effects of unfractionated heparins on activated coagulation times in patients who underwent coronary bypass graft surgery.

Methods: A retrospective descriptive study was carried out with a quantitative approach from the databases of the Department of Adult Cardiac Surgery of the Diagnostic Center of Advanced Medicine and Telemedicine where 90 adult patients were randomly selected, and were divided into 3 groups assigning 30 patients. In each group, one of the three brands of sodium unfractionated heparins [Cristalia (Sao Paulo, Brasil); Leo (Pharma, Barcelona, España) y Sanderson (Santiago de Chile, Chile)], was considered, only one brand of heparin was used during the entire surgery in each case of each group and was analyzed with the activated coagulation times. The heparin sensitivity index and comorbidities were also analyzed: insulin and non-insulin dependent Diabetes Mellitus and its relationship with the activated coagulation times.

Results: Leo heparin shows better effects compared to the other unfractionated heparins Sanderson and Cristalia, it reached optimal activated coagulation times, greater than 480 seconds, and required fewer repetitions of heparin doses.

Conclusion: The effects of unfractionated heparins on activated coagulation times in coronary bypass graft surgery may vary according to brand name and comorbidities such as insulin treated diabetes mellitus. Showing better effects with unfractionated heparins in relation to activated coagulation times compared to patients with diabetes mellitus without insulin treatment.

Key words: Cardiac preconditioning, sevoflurane, extracorporeal circulation.

INTRODUCCIÓN

Durante la cirugía de revascularización coronaria (CRVC) se ha observado un comportamiento diferente con respecto a los tiempos de coagulación activada (TCA) en pacientes sometidos a derivación cardiopulmonar (BCP). La administración de la heparina no fraccionada es necesaria para alcanzar un valor óptimo en el TCA que debe ser igual o superior a 480 segundos para poder iniciar la circulación extracorpórea. Actualmente hay diferentes heparinas no fraccionadas en el mercado según el país, marca comercial y laboratorio. En República Dominicana se manejan tres marcas comerciales de heparinas: Cristalia (Sao Paulo, Brasil); Leo (Pharma, Barcelona, España) y Sanderson (Santiago de Chile, Chile), y hemos observado que en la CRVC pueden obtenerse valores diferentes de TCA con las diferentes marcas de heparinas, lo que conlleva a mayor administración de dosis de heparina previa y durante la derivación cardiopulmonar. Este trabajo pone en manifiesto el comportamiento de las diferentes marcas de heparinas no fraccionadas en la CRVC describiendo el efecto de cada una con respecto a los TCA y con cuales se administran mayores cantidades de dosis.

Heparina

Las características de la heparina, descrita como un glicosaminoglicano, es un polisacárido que reside casi exclusivamente en los mastocitos. Claramente, la heparina endógena no es significativa en el mantenimiento de la fluidez de la sangre circulante. Heparan —un glicosaminoglicano relacionado que tiene un contenido de azufre sustancialmente más bajo—, presente en las membranas de las células endoteliales, para atraer la antitrombina III circulante (ATIII) y potenciar la inhibición de la trombina. La anticoagulación fisiológica en la interfaz sangre-tejido no deriva de la heparina sino del heparan. La mayoría de las preparaciones de heparina se pueden describir como no fraccionadas, lo que significa que el compuesto de heparina aislado de los tejidos animales contiene moléculas de heparina de varias longitudes, con pesos moleculares que varían de 3 000 a más de 40 000 Da. La masa molecular media se aproxima a 15 000 Da. La distribución del peso molecular varía un poco con la fuente de tejido, la fuente animal y el método de purificación. Esta variabilidad tiene cierta relevancia clínica porque el espectro de acciones clínicas de la heparina, deriva en parte, de la distribución del

peso molecular de un compuesto de heparina. Como resultado, cada preparación comercial de heparina no fraccionada podría describirse mejor como una familia de medicamentos con acciones y potencia que pueden variar de un lote a otro.^{2,4,7}

Tiempo de coagulación activado

La heparina es el fármaco estándar para el tratamiento anticoagulante y se usa en muchas intervenciones quirúrgicas cardíacas para prevenir la coagulación de la sangre. El estado de anticoagulación se controla mediante varias pruebas de coagulación. El TCA sigue siendo el principal para monitorear la anticoagulación durante el BCP.

Heparinización de la derivación cardiopulmonar

La administración de heparina para BCP es exclusivamente intravenosa. Después de la inyección venosa central de un bolo de heparina, el inicio de la prolongación máxima de TCA en la arteria radial ocurre en 1 minuto.² El inicio de la acción de la heparina es mucho más rápido y la prolongación máxima de TCA probablemente ocurre en menos de 5 minutos. Las dosis utilizadas para la anticoagulación durante el BCP son muy grandes, sugeridas de 300 a 400 UI/kg variando la dosis en función de los TCA, que se vayan realizando para controlar los niveles de anticoagulación.²

Resistencia a la Heparina

Un fenómeno importante que se debe mencionar en la anticoagulación en el BCP, es la resistencia a la heparina durante la cirugía cardíaca. Esta se define como la incapacidad de una dosis adecuada de heparina, para aumentar el TCA al nivel deseado. Aunque generalmente se ha pensado que la deficiencia de antitrombina, es el mecanismo principal de la resistencia a la heparina, los motivos de dicha resistencia son complejos y multifactoriales. Debido a estas variables, no queda claro si la disminución de la capacidad de respuesta a la heparina, medida por el TCA, representa una anticoagulación inadecuada.

La resistencia a la heparina es un factor desfavorable documentado para pacientes sometidos a revascularización coronaria, se informa resistencia a la heparina en hasta el 22% de los pacientes con BCP.¹⁴ Hay diferentes propuestas

sobre cuáles son los valores para identificar resistencia a la heparina, Ranucci y col. propusieron el uso de un índice de sensibilidad a la heparina (ISH). Considerándose valores inferiores a 1,3, como indicadores de resistencia a la heparina. Existe un acuerdo general de que la resistencia a la heparina es más común en pacientes que reciben heparina no fraccionada preoperatoriamente; sin embargo, esto puede extenderse también a pacientes tratados con heparina de bajo peso molecular.^{15,16}

MÉTODO

La población de estudio fueron todos los pacientes mayores 18 años operados de CRVC en el Centro de Diagnóstico de Medicina Avanzada y Telemedicina en el periodo de agosto del 2018 a noviembre del 2019 en Santo Domingo, República Dominicana. El estudio fue aprobado por el comité de ética de la institución en el acta CEI-401.

Se realizó un estudio descriptivo retrospectivo con enfoque cuantitativo de la base de datos del Departamento de Cirugía Cardíaca donde se evaluaron los registros de perfusión para revisar las dosis de heparina no fraccionada.

El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, se escogieron de forma aleatoria 90 casos en total, divididos en 3 grupos de 30 casos, en los cuales solo se usó una marca de heparina no fraccionada (Grupo Cristalia, Grupo Leo y Grupo Sanderson) en toda la cirugía. Los datos fueron sometidos a análisis estadísticos, se sacaron porcentajes y promedios de las variables.

El TCA se midió con el uso de un instrumento de monitoreo de coagulación Hemochron 401 (Technidyne Corp., Edison, NJ, EE. UU.). El BCP se inició después de administrar 400 mg/kg de dosis inicial de heparina y la confirmación de un TCA satisfactorio mayor a 480 segundos. Durante el BCP, las mediciones de TCA se repitieron cada 30 minutos y se administraron 50–100 UI/Kg de heparina si el TCA disminuyó a menos de 480 segundos. Después de la terminación del BCP

Se identificaron datos demográficos y quirúrgicos en todos los pacientes. Los datos demográficos incluyeron: edad, sexo y antecedentes mórbidos que incluyen: diabetes, hipertensión arterial, dislipidemia, medicamentos como (doble antiagregación, heparina de bajo peso molecular, anticoagulación, insulina), y la marca de heparina usada en la cirugía.

Los tipos de heparina se compararon con respecto a los valores de TCA óptimos y a la repetición de dosis de heparina, así como sus datos demográficos con respecto a repetición de heparina.

La resistencia a la heparina se diagnosticó según 2 criterios diferentes:

1. TCA menor de 480 segundos después de 400 UI/kg (o más) de heparina (criterio estricto).

2. Índice de sensibilidad a la heparina (ISH) se calculó sobre la base de TCA después de la dosis de heparina inicial

administrada por el anestesiólogo aplicando la fórmula de "Ranucci": $ISH = (TCA \text{ después de heparina} - TCA \text{ basal}) / \text{dosis de heparina inicial (400 UI/kg)}$. El valor de 1,3 se consideró un punto de corte adecuado para diagnosticar la resistencia a la heparina para la dosis de carga inicial de 400 UI/kg, por lo que los pacientes con valores de ISH inferiores a 1,3 se consideraron resistentes a la heparina.

DISCUSIÓN

Caracterización socio-demográfica de la población estudiada de la respuesta a la heparina no fraccionada.

La edad con mayor porcentaje fueron de 61 a 70 años con un 34%. El predominio en el sexo fue masculino con el 76%. En la distribución de las comorbilidades a la más frecuente fue la hipertensión arterial con un porcentaje del 41%, el 37% fue diabetes mellitus tipo II y con un 22% la dislipidemia. Tabla 1.

Por último, la medicación previa a la CRVC que podrían afectar los valores de TCA. El de mayor uso fue la doble antiagregación con un 31%, un 22% las estatinas, un 20% la insulina, 15% la heparina de bajo peso molecular y solo el 12% no tenían medicación previa.

Tiempo de coagulación activado en la cirugía de revascularización coronaria con las diferentes heparinas no fraccionadas.

Se demuestra una diferencia entre el alcance de valores óptimos de TCA con las heparinas no fraccionadas basándonos en la heparina por anestesia y que el TCA alcanzara valores iguales o superiores a 480 segundos. Gráfico 1. Los pacientes del Grupo Leo mostraron que en 18 pacientes se logró alcanzar o superar el valor de 480 segundos mientras que en 12 no se alcanzaron valores óptimos. A diferencia, del comportamiento en el Grupo Sanderson y Grupo Cristalia en el que solo 9 pacientes alcanzaron valores óptimos, iguales o superiores a 480 segundos de TCA y 21 pacientes no alcanzaron el valor.

Esto muestra la superioridad de los efectos de la heparina no fraccionada Leo en comparación a las otras heparinas.

TABLA 1: DISTRIBUCIÓN ETARIA DE LA POBLACIÓN ESTUDIADA		
EDAD	FRECUENCIA	PORCENTAJE
41-50	12	16%
51-60	26	28%
61-70	32	34%
>71	20	22%
TOTAL	90	100%
SEXO	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Masculino	68	76%
Femenino	22	24%
TOTAL	90	100%
COMORBILIDAD	FRECUENCIA	PORCENTAJE
HTA	37	41%
DM Tipo II	33	37%
Dislipidemia	20	22%
TOTAL	90	100%
M.P	FRECUENCIA	PORCENTAJE
DA	12	16%
Estatinas	26	28%
Insulina	32	34%
HBPM	20	22%
No tiene	12	16%
Estatinas	26	28%
TOTAL	90	100%

HTA: Hipertensión arterial, DM: Diabetes Mellitus, MP: Medicación Previa, DA: Doble Antiagregación, HBPM: Heparina Bajo peso molecular.

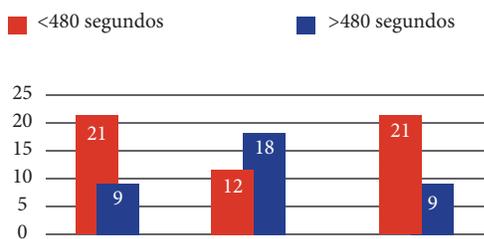


Gráfico 1: Distribución heparinas no fraccionadas con relación a valores óptimos de TCA de la población estudiada.

En la Tabla 2, se muestra la cantidad de repeticiones de las dosis de heparina en relación a las heparinas no fraccionadas. La heparina del Grupo Leo, no tuvo repetición de dosis en BCP, en 16 pacientes. En 7 pacientes se repitió 1 vez la dosis, en 4 pacientes se repitieron 2 veces la dosis, en 2 pacientes se tuvo que repetir 3 veces la dosis y en 1 paciente se repitió 4 veces la dosis de heparina. Los pacientes del Grupo Sanderson en 6 pacientes no se repitieron dosis de heparina, en 5 pacientes se repitió 1 dosis, en 13 pacientes se repitió 2 veces la dosis, en 5 pacientes se repitió 3 veces la dosis y en 1 paciente repitió 4 veces la dosis de heparina.

Los pacientes del Grupo Cristalía en 5 pacientes no se repitieron dosis de heparina, en 9 pacientes se repitió 1 vez la dosis, en 8 pacientes se repitió 2 veces la dosis y en 8 pacientes se repitió 3 veces la dosis de heparina. Los pacientes del Grupo Leo mostraron fueron los que con mayor frecuencia no repitieron dosis de heparina. Esto concuerda con el análisis del gráfico anterior en donde la heparina no fraccionada Leo, alcanzó los objetivos esperados

TABLA 2: REPETICIÓN DE HEPARINA EN CEC NO FRACCIONADA Y REPETICIÓN DE DOSIS DE HEPARINA

Tipo de Heparina	0	1	2	3	4	Total
Cristal	5	9	8	8	0	30
Leo	16	7	4	2	1	30
Sanderson	6	5	13	5	1	30
TOTAL	27	21	25	15	2	90

ÍNDICE DE SENSIBILIDAD A LA HEPARINA.

En el Gráfico 2. Se muestra, con la fórmula presentada por Ranucci, los valores de referencia para evidenciar resistencia a la heparina, en el caso de que sean menores <1,3 o si son mayores >1,3, la no existencia de esta. En los pacientes del Grupo Leo, 18 pacientes tuvieron valores >1,3 lo que significa que no presentaron resistencia a la heparina y un grupo de 12 pacientes, con valores <1,3; que sí presentaron. En los pacientes del Grupo Sanderson, 9 pacientes presentaron valores >1,3 definidos como los que no presentaron resistencia a la heparina y 21 pacientes con valores <1,3 que si presentaron. En los pacientes del Grupo Cristalía, 7 pacientes con valores >1,3 no presentaron resistencia a la heparina y 23 pacientes con valores <1,3 sí presentaron. Finalmente los pacientes del Grupo Leo tuvieron el mayor número de pacientes que no presento resistencia a la heparina a diferencia de los Grupos Sanderson y Cristalía, que exhibieron un mayor número de casos con valores de ISH inferior a 1,3.

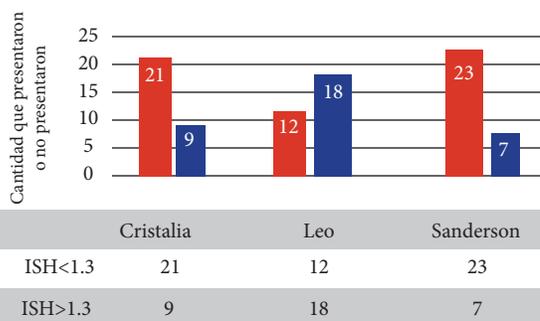


Gráfico 2: Muestra la distribución de las heparinas no fraccionadas con relación a la escala de resistencia a la heparina.

El promedio del ISH en los casos que presentaron y que no presentaron resistencia a la heparina se muestra en el Gráfico 3. En los pacientes del Grupo Leo que no presentaron resistencia a la heparina el promedio de ISH fue de 1,6 en comparación a los que si presentaron resistencia, con promedio de ISH de 1,3. En los pacientes del Grupo Sanderson que no tuvieron resistencia a la heparina el promedio de ISH fue de 1,3, en comparación a los que si presentaron, promedio de ISH de 1,2. Por último, en los pacientes del Grupo Cristalía el promedio de ISH fue de 1,3 para los que no presentaron resistencia a la heparina en comparación a los que si presentaron con promedio de ISH de 1,1. El Grupo Leo fue el grupo con mayor promedio ISH para los que no presentaron resistencia a la heparina y el grupo de

estos pacientes que si presento resistencia a la heparina mostro un promedio igual al valor al de referencia. Los otros grupos de heparinas que no presentaron resistencia a la heparina mostraron promedios iguales al valor de referencia, pero las que si presentaron resistencia a la heparina tuvieron valores promedios menores al referenciado.

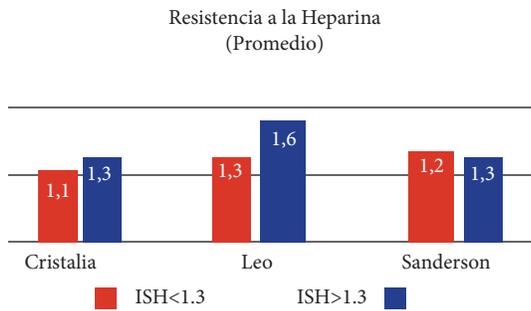


Gráfico 3: Muestra la distribución de las heparinas no fraccionadas con relación a la escala promediada de ISH.

Heparina no fraccionada y el tiempo de coagulación activado en pacientes con diabetes mellitus tipo II con tratamiento o sin tratamiento de insulina.

Procesando los resultados de TCA y la repetición de dosis de heparina, se visualizó un comportamiento inusual en los pacientes diabéticos con tratamiento de insulina por lo que se realizó una tabla para comparar estas variables.

En la Tabla 3, se realiza una comparación de los valores de TCA y la repetición de dosis de heparina entre los pacientes con diabetes mellitus tipo II, con tratamiento y sin tratamiento de insulina. Se presentaron dos grupos, Grupo A y Grupo B, donde el grupo A son los pacientes tratados con insulina y el grupo B son los pacientes que no tratados con insulina, los dos grupos se evaluaron con cada heparina no fraccionada y se realizaron promedios TCA y el promedio de repetición de dosis de heparina.

Para la heparina Leo, en el Grupo A, los promedios de TCA fueron de 548 segundos y en la repetición de dosis de heparina presento promedio de 1,2. En el Grupo B los promedios de TCA fueron de 490 segundos y la repetición de dosis de

heparina presento promedio de 1,8. En el caso de la heparina Sanderson para en el Grupo A, los promedios de TCA fueron de 476 segundos y la repetición de dosis presento promedio de 2. En el Grupo B los promedios de TCA fueron de 465 segundos y la repetición de dosis presento promedio de 1,3.

La heparina Cristalia en el Grupo A tuvo promedios de TCA de 509 segundos y para la repetición de dosis el promedio fue de 1,3. En el Grupo B los promedios de TCA fueron de 523 segundos y la repetición de dosis tuvo un promedio de 1,8.

Esta comparación de variables demuestra que las heparinas no fraccionadas presentan mejores efectos con los pacientes diabéticos con tratamiento de insulina en relación a los valores de TCA y menor repetición de dosis de heparina en comparación con los pacientes diabéticos que no tienen tratamiento con insulina. Futuros estudios son necesarios para analizar este comportamiento durante el BCP.

Tabla 3: Tiempo de coagulación activado y repetición de heparina no fraccionada en pacientes con y sin insulina

TIPOS DE HEPARINA	GRUPO A con insulina Promedio de TCA	GRUPO A Promedio repetición de dosis de heparina	GRUPO B No Insulina Promedio de TCA	GRUPO B Promedio repetición de dosis de heparina
Cristal	509'	1,3	523'	1,8
Leo	548'	1,2	409'	1,8
Sanderson	476'	2	465'	1,3
TOTAL	511'	1,5	492	1,63

DISCUSIÓN

1. Los efectos de las heparinas no fraccionadas en los TCA en cirugía de revascularización coronaria pueden variar dependiendo de la marca comercial de la heparina.

2. La heparina no fraccionada de marca comercial Leo mostro superioridad en su efecto manteniendo valores óptimos iguales o superiores a 480 segundos en los TCA y menor repetición de dosis de heparina durante el BCP, en comparación a las heparinas no fraccionadas de marcas comerciales Sanderson y Cristalia.

3. La heparina de marca comercial Leo presento el mayor número de casos de pacientes que no tuvieron resistencia a la heparina, según el ISH.

4. Los pacientes sometidos a revascularización coronaria con diabetes mellitus tipo II, en tratamiento de insulina, presentaron mejores resultados en los TCA y menor repetición de dosis de heparina que, los pacientes con diabetes mellitus tipo II, sin tratamiento de insulina.

Futuros estudios son necesarios para analizar este hallazgo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Finley A, Greenberg C. Heparin sensitivity and resistance: Management during cardiopulmonary bypass. *Anesthesia and Analgesia*. 2013;116(6):1210-22.
2. Gravlee GP, Davis RF, Hammon JW, Kussman BD, Abrams D, Adachi I, et al. *Cardiopulmonary Bypass and mechanical Support: Principles and practice*, 4th ed. Philadelphia: Wolters-Kuwler; 2015. Kindle version.
3. Lalama J, Lewis PM, Gore J, Tran MT, Donovan J. How one academic medical center has managed potency changes with unfractionated heparin. *J Thromb Thrombolysis*. 2013;36(1):91-5.
4. Arsenault KA, Paikin JS, Hirsh J, Dale B, Whitlock RP, Teoh K, et al. Subtle differences in commercial heparins can have serious consequences for cardiopulmonary bypass patients: A randomized controlled trial. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2012;144(4):944-50.
5. Knapik P, Cieśla D, Przybylski R, Knapik T. The influence of heparin resistance on postoperative complications in patients undergoing coronary surgery. *Med Sci Monit*. 2012;18(2):CR105.
6. Agencia española de medicamentos y productos sanitarios. Heparina Leo, Ficha técnica. Barcelona; 2010.
7. Archambault FJ, Morris S. *Cardiopulmonary Bypass: Principles and Practice*, 3rd ed. *Anesth Analg*. 2008 Jun;106(6):1930-1
8. Laboratorio Sanderson. Heparina Sodica Sanderson, Ficha Técnica. Santiago; 2015.
9. Módolo JC. heparina sódica Cristália, Ficha Técnica. Sao Pablo; 2014.
10. Baker RA, Bronson SL, Dickinson TA, Fitzgerald DC, Likosky DS, Mellas NB, et al. Report from AmSECT's International Consortium for Evidence-Based Perfusion: American Society of Extracorporeal Technology Standards and Guidelines for Perfusion Practice: 2013. *J Extra Corpor Technol*. 2013;45(3):156-66.
11. Hosmane S, Birla R, Marchbank A. Current practice of antiplatelet and anticoagulation management in post-cardiac surgery patients: A national audit. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2012 Apr;14(4):474-5.
12. Shore-Lesserson L, Baker RA, Ferraris VA, Greilich PE, Fitzgerald D, Roman P, et al. The Society of Thoracic Surgeons, The Society of Cardiovascular Anesthesiologists, and The American Society of ExtraCorporeal Technology: Clinical Practice Guidelines — Anticoagulation During Cardiopulmonary Bypass. *Ann Thorac Surg*. 2018 Feb 1;105(2):650-62.
13. Jia Z, Tian G, Ren Y, Sun Z, Lu W, Hou X. Pharmacokinetic model of unfractionated heparin during and after cardiopulmonary bypass in cardiac surgery. *J Transl Med*. 2015 Feb 1;13:45.
14. Kawatsu S, Sasaki K, Sakatsume K, Takahara S, Hosoyama K, Masaki N, et al. Predictors of Heparin Resistance Before Cardiovascular Operations in Adults. *Ann Thorac Surg*. 2018 May 1;105(5):1316-21.
15. Ranucci M, Isgrò G, Cazzaniga A, Ditta A, Boncilli A, Cotza M, et al. Different patterns of heparin resistance: Therapeutic implications. *Perfusion*. 2002;17(3):199-204.
16. Ranucci M, Ditta A, Boncilli A, Cotza M, Carboni G, Brozzi S, et al. Determinants of antithrombin consumption in cardiac operations requiring cardiopulmonary bypass. *Perfusion*. 2004;19(1):47-52.
17. Anderson DA, Holt DW. Has the new USP assay for heparin affected dosage for patients undergoing cardiopulmonary bypass? *J Extra Corpor Technol*. 2013;45(2):112-5.
18. Haselbach S, Maurer J, Vogel V, Harder S, Weber CF, Baykut D, et al. A novel method for the direct determination of heparin concentration during cardiopulmonary bypass surgery. *Clin Chem Lab Med*. 2013;51(10):2037-43.
19. Lee JM, Park EY, Kim KM, Won JC, Jung TK, Lee SK. Comparison of activated clotting times measured using the Hemochron Jr. Signature and Medtronic ACT Plus during cardiopulmonary bypass with acute normovolemic haemodilution. *J Int Med Res*. 2018 Feb 1;46(2):873-82.
20. Maslow A, Chambers A, Cheves T, Sweeney J. Assessment of Heparin Anticoagulation Measured Using i-STAT and Hemochron Activated Clotting Time. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2018 Aug 1;32(4):1603-8.
21. Thompson TZ, Kunak RL, Savage NM, Agarwal S, Chazelle J, Singh G. Intraoperative Monitoring of Heparin: Comparison of Activated Coagulation Time and Whole Blood Heparin Measurements by Different Point-of-Care Devices with Heparin Concentration by Laboratory-Performed Plasma Anti-Xa Assay. *Lab Med*. 2019 Oct 10;50(4):348-56.

Fecha de recepción: 11/05/2020

Fecha de aceptación: 26/05/2020

EVERY LIFE MATTERS



EUROSETS

eurosets.com

Flujo pulsátil inducido por el balón de contrapulsación intraaórtico durante circulación extracorpórea. Revisión de literatura.

Pulsatile flow induced by the intra-aortic balloon pump during cardiopulmonary bypass. Literature review.

TINOCO GCA¹, BONAFANTE WT², CABALLERO EAH³, CHANG SY⁴, FREITAS ML⁴, ALVES FCG⁵, FIORELLI AI⁶.

1.Enfermera Perfusionista Doctora en Ciencias - Instituto do Coração/FMUSP-San Pablo/Brasil

2.Instrumentador Perfusionista - IQ Medical Sciences - San Juan/Colombia

3.Enfermero Perfusionista - Instituto do Coração/FMUSP- Bogota/Colombia

4.Biomédica Perfusionista - Instituto do Coração/FMUSP-San Pablo/Brasil

5.Enfermera Perfusionista - Instituto do Coração/FMUSP-San Pablo/Brasil

6.Director de la Unidad de Perfusion - Instituto do Coração/FMUSP-San Pablo/Brasil

RESUMEN

Introducción: Diferentes técnicas y dispositivos fueron desarrollados con el objetivo de imitar el flujo pulsátil durante la circulación extracorpórea, aunque, todos sin resultado. Los principales factores limitantes son la complejidad de los sistemas de CEC y el traumatismo a los elementos sanguíneos impuestos por ellos. Todavía, los beneficios del empleo de la contrapulsación han sido ampliamente resaltados en diferentes investigaciones clínicas. Una de las propuestas para obtener flujo pulsátil es la utilización del balón de contrapulsación intraaórtico durante la CEC. Sin embargo, pocos centros tienen por hábito mantener el BCIA con el objetivo de generar flujo pulsátil durante la CEC. **Objetivo:** Realizar un análisis crítico sobre la mantención del BCIA activado durante la CEC. Para eso, fue realizada una revisión de literatura. **Resultados:** La utilización del flujo pulsátil inducido por el BCIA ejerce beneficios sobre la perfusión tisular con relación al flujo continuo y ningún efecto deletéreo fue asociado a la utilización del BCIA durante la CEC, sin embargo, la mayor parte de los estudios presentados no muestran diferencias significativas en la morbilidad y mortalidad asociada a la utilización de este abordaje. **Conclusiones:** De esta forma, se concluye que, a pesar de haber controversias en cuanto a las ventajas del empleo de flujo pulsátil producido por el BCIA durante la CEC, esta práctica se trata de un terreno fértil para investigaciones futuras, teniendo en cuenta las posibilidades de obtener un patrón de flujo semejante al fisiológico durante a CEC.

Palabras clave: Balón de contrapulsación intraaórtico; Flujo pulsátil; Flujo continuo; Circulación extracorpórea y Procedimientos Cardíacos.

SUMMARY

Introduction: Different techniques and devices were developed with the aim of imitating pulsatile flow during cardiopulmonary bypass (CPB), although all without result. The main limiting factors are the complexity of the CPB systems and the trauma to the blood elements imposed by them. Still, the benefits of using counterpulsation have been widely highlighted in different clinical investigations. One of the proposals to obtain pulsatile flow is the use of the intra-aortic counterpulsation balloon (IAPB) during the CPB. However, few centers have the habit of maintaining the BCIA with the aim of generating pulsatile flow during the CPB. **Objective:** To carry out a critical analysis on the maintenance of activated IAPB during the CPB. For this, a literature review was carried out. **Results:** The use of pulsatile flow induced by IAPB exerts benefits on tissue perfusion in relation to continuous flow without deleterious effect associated; however, most of the studies presented do not show significant differences in the morbidity and mortality associated with the use of this approach. **Conclusion:** In this way, it is concluded that, despite controversies regarding the advantages of using pulsatile flow produced by the IAPB during the CPB, this practice is fertile ground for future research, taking into account the possibilities to obtain a flow pattern similar to the physiological during CPB.

Key words: Intra-aortic balloon pump; Pulsatile flow; Continuous flow; Extracorporeal circulation and cardiac procedures.

INTRODUCCIÓN

El advenimiento de la CEC ha traído un avance innegable para la cirugía cardíaca, aunque, todavía hay mucha necesidad de mejoría de este abordaje, una vez que muchos pacientes presentan una serie de problemas inducidos por esta práctica, incluyendo la disfunción neuropsicológica y daños a los órganos vitales. Estos problemas se deben a las intervenciones de la CEC sobre la fisiología basal del organismo como a la hemodilución, la hipotermia y la alteración del tipo de flujo sanguíneo proporcionado durante el procedimiento.^{1,2}

El tipo de flujo utilizado durante la CEC puede ser continuo o pulsátil. El flujo continuo es definido como flujo no pulsátil e independiente del gradiente de presión cíclica (sistólica y diastólica).³ Actualmente esta modalidad de flujo es la más comúnmente utilizada durante la CEC, a pesar de eso, existen desventajas relacionadas a esta práctica. El flujo continuo está asociado a una condición inevitable de vasoconstricción sistémica⁴, debido a la activación del sistema renina-angiotensina, a la secreción de catecolaminas, vasopresina y

otros vasoconstrictores.^{5,6} Este fenómeno puede perjudicar la perfusión tisular de los órganos vitales y asociarse a un peor resultado clínico de los pacientes sometidos a CEC.

La perfusión pulsátil es la perfusión fisiológica. Las dos diferencias fundamentales entre flujo pulsátil y no pulsátil son la arquitectura de las formas de ondas de presión del flujo (forma del complejo de flujo-presión) y el gradiente de energía. La superioridad del flujo pulsátil sobre el flujo no pulsátil durante la CEC se basa principalmente en la teoría de que la pulsatilidad imita el estado hemodinámico fisiológico, produciendo formas de ondas pulsátiles las cuales transmiten energía para el endotelio vascular.^{3,7,8} De esta forma, se promueve cizallamiento cíclico del endotelio lo que propicia la liberación de sustancias vasodilatadoras que confiere efectos benéficos asociados a la pulsatilidad. A pesar de esto, otros investigadores afirman que no hay diferencias en la recuperación de órganos vitales asociados al tipo de flujo utilizado durante la CEC.^{9,10} Parte de esta indefinición sobre

el beneficio del flujo pulsátil durante la CEC proviene de la imprecisión de los métodos utilizados para determinar cuales dispositivos pulsátiles realmente son capaces de transmitir la pulsatilidad por ellos generadas al paciente y de hecho resultar en un flujo pulsátil.^{11,12}

Varias tecnologías para generar flujo pulsátil ya fueron creadas: bombas de rodillo, bombas centrifugas, placas de compresión y bombas ventriculares, sin embargo, todas sin éxito. Estos equipos representan un costo superior a las tecnologías que generan flujo continuo, son más complejos y, además de eso, la onda de pulso generada por estas tecnologías, interactúa con los componentes del circuito de CEC los cuales, adsorben la energía hidráulica y de esta manera la amplitud de la onda que llega a la aorta es incapaz de generar un real flujo pulsátil.^{11,12} Adicionalmente la imprecisión de la evaluación del flujo pulsátil y la propagación ineficiente de la onda de pulso, la interacción entre la bomba pulsátil y el circuito de CEC se asocia a un mayor riesgo de microembolia gaseosa y a hemolisis.^{11,13-15}

Todavía, pacientes con disfunción sistólica de origen isquémico sometidos a cirugía de revascularización miocárdica, frecuentemente son encaminados para cirugía cardíaca con la instalación previa de BCIA debido a los beneficios comprobados de esta conducta. El BCIA es un dispositivo de soporte circulatorio mecánico temporal que tiene la finalidad de aumentar la oferta y reducir la demanda de oxígeno consumido por el miocardio. Este dispositivo es posicionado en la aorta descendente localizado aproximadamente 2 cm por debajo de la arteria subclavia. El actúa através de la contrapulsación generada por la insuflación de su cámara de gas (cebado por helio, un gas inerte), durante la diástole lo que desplaza un volumen de sangre por la aorta torácica y su desinsuflación en el inicio de la sístole, la cual genera un espacio muerto y disminuye la poscarga. Este proceso lleva a un incremento de cerca de 20% del gasto cardíaco y un aumento de la perfusión coronaria.¹⁶

Existen indicios de que el flujo pulsátil inducido por el BCIA durante la CEC, presenta efectos benéficos sobre la perfusión tisular y no se relaciona a efectos deletéreos.¹⁷⁻²³

Por otro lado, esta práctica representa potencial superior a las tecnologías pulsátiles extracorpóreas gracias a la propagación

de una mayor amplitud de onda de pulso y a la reducción de los riesgos de interacción con el circuito de la CEC. Para proporcionar el flujo pulsátil inducido por el balón de contrapulsación intraórtico, solo es necesario encender el dispositivo internamente a 80 latidos por minuto durante el período en que el corazón está detenido (pinzamiento aórtico).

Sin embargo, la inducción de flujo pulsátil a través del balón de contrapulsación representa un dilema para los cirujanos. Un estudio reveló que el 80,5% de los cirujanos cardíacos de Irlanda y Reino Unido desactivan el BCIA durante la CEC. Este hecho no ocurre aisladamente en estas regiones, es una realidad mundial.²⁴ De esta forma, el objetivo de este trabajo es investigar los efectos de la utilización de flujo pulsátil inducido por el BCIA durante la CEC en cirugía cardíaca por medio de una revisión sistemática de la literatura.

MÉTODO

Fue realizada una revisión sistemática de la literatura por medio de consulta en Pubmed con los siguientes descriptores: Balón de contrapulsación intraaórtico; Flujo pulsátil y Circulación extracorpórea. A partir de esta búsqueda fueron encontrados 25 artículos, y de estos fueron seleccionados respetando los siguientes criterios:

-Criterios de inclusión: Ensayos clínicos, escritos en lengua inglesa, presentan como tema central los efectos clínicos del uso de flujo pulsátil inducido por el BCIA durante la CEC en cirugía cardíaca y poseen texto completo disponible en Pubmed.

-Criterios de exclusión: Investigaciones experimentales o artículos de revisión, escrito en lengua no inglesa, tema diferente del propuesto en los criterios de inclusión y poseer apenas el resumen disponible en Pubmed.

De esta forma, fueron seleccionados 7 artículos científicos y descartados los otros 18 trabajos.

DESARROLLO

La producción del flujo pulsátil ha sido un desafío, pues, a pesar de inúmeros dispositivos creados para esta finalidad, ninguno de ellos se mostró eficaz. Dentro de las dificultades asociadas a este evento, está la inferencia del flujo pulsátil generado por la bomba pulsátil con el restante del circuito

de CEC. Este fenómeno, perjudica la propagación de onda de pulso y favorece la ocurrencia de microembolia gaseosa y hemolisis.^{11,14} Una alternativa para eludir la adsorción de onda de pulso por el circuito es la propagación de flujo pulsátil de forma interna en el organismo, así, ya no hay interferencia de la onda generada con el circuito de CEC.

En este sentido, teóricamente, la manutención del BCIA encendido en modo interno durante la CEC, puede propagar

el flujo pulsátil y favorecer la perfusión tisular^{17,19}, aunque, todavía existen dudas sobre el real beneficio de esta técnica, bien como posibles riesgos asociados a esta práctica.

Como forma de investigar el efecto de la utilización de flujo pulsátil inducido por BCIA durante la CEC esta revisión de la literatura fue realizada. A partir de esto, fueron seleccionadas las mejores evidencias clínicas, a fin de aclarar los reales beneficios y bien como posibles desventajas asociadas a esta práctica.

TABLA 1: ARTÍCULOS SELECCIONADOS Y EL PRINCIPAL EFECTO CLÍNICO

Autor, año	Lugar	Muestra	Aleatorización	Observaciones
PERFUSIÓN CEREBRAL				
Kawahara, 1999	Japón	22	Sí	No tuvo diferencia en la perfusión cerebral con el flujo pulsátil, ya que no hay diferencia en la saturación cerebral entre los grupos.
PERFUSIÓN PULMONAR				
Onorati, 2006	Italia	50	Sí	La perfusión pulsátil inducida por el BCIA preservó significativamente la función pulmonar en pacientes con EPOC, demostrado por menor tiempo de intubación, mejor relación PaO ₂ / FiO ₂ y mejor compliancia del sistema respiratorio.
PERFUSIÓN RENAL				
Onorati, 2007	Italia	100	Sí	La perfusión pulsátil inducida por BCIA está asociada a mejor función renal durante la reperfusión miocárdica, demostrado por mayor depuración de creatinina.
SISTEMA DE COAGULACIÓN				
Onorati, 2008	Italia	96	Sí	La perfusión pulsátil inducida por BCIA comprobó un efecto benéfico sobre la coagulación, demostrado por menor gasto del tubo de tórax, menor necesidad de transfusión, menor INR y menor conteo de glóbulos blancos.
INFLAMACIÓN				
Onorati, 2009	Italia	40	Sí	La perfusión pulsátil inducida por BCIA demostró un efecto benéfico sobre la inflamación, pues, tuvo reducción de la activación de células endoteliales y mayor secreción de citoquinas antiinflamatorias.
PERFUSIÓN SISTÉMICA				
Onorati, 2009	Italia	80	Sí	La perfusión pulsátil inducida por BCIA en pacientes adultos mayores de 70 años sometidos a cirugía de revascularización miocárdica mejoró la perfusión sistémica de estos pacientes.
Onorati, 2009	Italia	158	Sí	La perfusión pulsátil inducida por BCIA comprobó una mejor perfusión sistémica de los pacientes adultos sometidos a cirugía cardíaca.

BCIA: balón de contrapulsación intraaórtico; EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica; FiO₂: fracción inspirada de oxígeno; PaO₂: presión arterial de oxígeno; INR: relación normalizada internacional.

Analizando los artículos seleccionados tenemos la publicación más antigua de 1999 y la más reciente de 2009. El autor que más publicó sobre este tema fue Onorati, en Italia. Dentro los 7 artículos elegidos, 6 son de este autor y todos los artículos

son estudios clínicos aleatorizados. El mayor número de muestra es de 158 pacientes y el menor es de 22 pacientes. Todos los pacientes fueron sometidos a revascularización del miocardio.

Los efectos del flujo pulsátil inducido por el BCIA sobre la perfusión cerebral fueron objetivo de investigación de un artículo publicado por Kawahara en 1999, en Japón. Este trabajo fue realizado por medio de un ensayo controlado aleatorizado con 22 pacientes, los cuales fueron divididos en dos grupos, con y sin utilización de BCIA durante la CEC en condición de normotermia. A partir de esto, la oxigenación cerebral y la saturación venosa de la yugular derecha fue evaluada. Con base en estos hallazgos podemos concluir que tuvo una reducción significativa de las saturaciones en el inicio del tiempo de CEC con relación a otros periodos, sin embargo, no tuvo diferencias significativas entre los grupos en ningún momento. Por lo tanto, se puede concluir, en este estudio que el uso de flujo pulsátil inducido por BCIA no ejerce ningún efecto benéfico sobre la oxigenación cerebral.¹⁷

Tratándose de perfusión pulmonar, fue publicado en 2006 un único artículo, el cual investigó el efecto del flujo pulsátil inducido por el BCIA balón sobre la función pulmonar en 50 pacientes con historia de enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) divididos en dos grupos: Grupo A (BCIA activado durante la CEC) y Grupo B (BCIA desactivado durante la CEC). Fueron evaluadas las variables: Estancia en la UCI; Estancia hospitalaria posoperatoria; Tiempo de intubación; Relación oxígeno inspirado / saturación de oxígeno; y las alteraciones del sistema respiratorio durante las 8 primeras horas de posoperatorio. Según el análisis de los resultados el grupo que fue sometido a flujo pulsátil presentó menor tiempo de intubación, mejor relación PaO_2 / FiO_2 , mejor compliancia del sistema respiratorio. De esta forma, se concluye que el uso de BCIA en modo interno a 80 lpm durante la parada cardioplégica preservó significativamente la función pulmonar en pacientes con EPOC sometidos a revascularización miocárdica.²³

Con respecto a la perfusión renal, en 2007 el mismo autor, Onorati, publicó un artículo investigando el efecto del flujo pulsátil inducido por el BCIA durante la CEC sobre la función renal. Para tal análisis el estudio contó con 100 pacientes divididos aleatoriamente en Grupo A (BCIA desactivado) y Grupo B (BCIA activado). A partir de esto, fue evaluada la función renal a través de la depuración de la creatinina. De acuerdo con los hallazgos el grupo que permaneció con BCIA activado durante la CEC presentó valores de ritmo y filtración glomerular superiores a los de grupo control, de esta forma el

empleo de esta técnica fue asociado a la mejoría de la función renal.²⁰

Con respecto al sistema de coagulación, Onorati, publicó un artículo en 2008, el cual evaluó el efecto del flujo pulsátil inducido por BCIA durante la CEC sobre la coagulación. Para esto, 96 pacientes fueron aleatoriamente divididos en dos grupos: Grupo A- flujo no pulsátil y Grupo B – Flujo pulsátil inducido por BCIA. Las variables analizadas fueron: sangrado torácico, necesidad de transfusión sanguínea, conteo de glóbulos blancos y evaluación del índice internacional normalizado (INR). El grupo que recibió flujo pulsátil inducido por BCIA, presentó valores de hematocrito, plaquetas y fibrinógeno más altos con relación al otro grupo. Además, los pacientes sometidos al flujo pulsátil presentaron tasas significativamente más bajas de sangrado en el 1ro y 2do día posoperatorio, menor necesidad de transfusión sanguínea, conteo más bajo de glóbulos blancos e índices normalizados internacionales más bajos. Con base en estos hallazgos el autor concluye que la perfusión pulsátil inducida por BCIA tiene un efecto benéfico sobre la coagulación.¹⁸

Bajo la finalidad de investigar el efecto del flujo pulsátil inducido por BCIA durante la CEC sobre los factores inflamatorios, Onorati publicó un estudio en 2009. Para eso, fueron seleccionados 40 pacientes divididos aleatoriamente en dos grupos: Grupo A, sometidos al flujo pulsátil inducido por BCIA (N=20) y Grupo B, con flujo no pulsátil durante la CEC (N=20). Fueron evaluados entonces las siguientes variables: presión arterial media; índice cardíaco; resistencia vascular pulmonar y marcadores endoteliales tales como factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF), proteína quimioatracción de monocitos (MCP-1), bien como la secreción de citoquinas antiinflamatorias y proinflamatorias.

A partir del análisis de los resultados se observó que el grupo que recibió flujo pulsátil inducido por BCIA presentó menor liberación de factores de activación endotelial y mayor secreción de citoquinas proinflamatorias, de esta forma, se concluye en este estudio que, la perfusión pulsátil inducida por BCIA fue capaz de atenuar la inflamación.²¹

En otros dos artículos publicados por el grupo de Onorati, en 2009, analizó los efectos del flujo pulsátil inducido por el BCIA sobre la perfusión sistémica. El primer artículo

fue publicado en enero de 2009 y evaluó 158 pacientes divididos aleatoriamente en dos grupos: Grupo A, los cuales recibieron flujo continuo durante la CEC (n=71) y Grupo B, que recibieron flujo pulsátil inducido por BCIA (n=87). Fueron evaluados parámetros hemodinámicos y bioquímicos como: presión arterial media, el retorno venoso sistémico, los valores de lactato, la $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2$, marcadores de función renal y hepática. Según el análisis de los resultados obtenidos, el grupo que recibió flujo pulsátil presentó mayores valores de presión arterial media durante la CEC, menor retorno venoso y mejoría clínica en el posoperatorio inmediato. Así, según los datos obtenidos en este trabajo, la perfusión pulsátil inducida por BCIA demostró una mejor perfusión sistémica.¹⁹

En marzo del mismo año (2009), fue publicado un artículo para evaluar los efectos del flujo pulsátil inducido por el BCIA durante la CEC en una población de adultos mayores de 70 años. Este trabajo fue desarrollado con 80 pacientes divididos aleatoriamente en dos grupos, siendo estos: Grupo A, flujo de CEC no pulsátil (40 pacientes) y en el Grupo B, flujo de CEC pulsátil inducido por BCIA (40 pacientes). Para eso, fueron evaluadas las siguientes variables: Función hemodinámica, lactato y transaminasas, bilirrubina, amilasa, función renal, función respiratoria, compliancia respiratoria, radiografía de tórax, tiempo de intubación, necesidad de ventilación con presión positiva no invasiva, coagulación, necesidad de transfusiones y complicaciones relacionadas al BCIA.

Con base en estas evaluaciones, se observó que, en el grupo sometido al flujo pulsátil, los pacientes presentaron: valores menores plasmáticos de transaminasas, bilirrubina, amilasa, creatinina y lactato; mayor depuración de creatinina; mejor función respiratoria, mejor puntuación en la radiografía de tórax; menor necesidad de ventilación no invasiva con presión positiva; menor tiempo de intubación; menor sangrado por el tubo a tórax, menor necesidad de hemotransfusión y mejor coagulación. Basado en estos hallazgos, la conclusión del artículo fue que la perfusión pulsátil inducida por BCIA resultó en una mejoría de la perfusión sistémica en adultos mayores de 70 años.²²

Los resultados presentados por los trabajos seleccionados demostraron que la utilización de flujo pulsátil inducido por el BCIA ejerce algún beneficio en la perfusión tisular con relación al flujo continuo. Apenas un estudio no encontró

ninguna diferencia significativa sobre la utilización de flujo pulsátil inducido por el BCIA con relación a la utilización de flujo continuo. Sin embargo, ningún efecto deletéreo fue asociado a la utilización de BCIA activado durante la CEC, lo que difiere de la inducción de flujo pulsátil inducido por el BCIA de los otros dispositivos creados para esta finalidad, los cuales, están relacionados a la incidencia de hemolisis y embolia. A pesar de esto, la ausencia de efectos deletéreos puede estar relacionada al pequeño número de muestra en los trabajos concretados y de esta forma, debido al número restringido de evidencia clínica, que sustenta la utilización de esta práctica, la utilización de flujo pulsátil inducido por el BCIA durante la CEC es poco difundida entre los cirujanos cardiovasculares.

El bajo empleo del flujo pulsátil inducido por BCIA se debe, no solamente, al bajo número de evidencias científicas que confirman los beneficios de la utilización de flujo pulsátil inducido por el BCIA durante la CEC, si no también, debido a los estudios que relacionaron flujo pulsátil inducido por otras técnicas a efectos deletéreos como embolia y hemolisis.¹⁴ Dentro de estos estudios, se destaca la publicación de INTERMACS 2012, la cual contribuyó mucho para que la sociedad científica desacreditara la utilización de flujo pulsátil.²⁵

El INTERMACS 2012, fue una investigación clínica, multicéntrica, realizada con más de 4000 pacientes entre junio de 2006 a junio de 2011, la cual demostró que la utilización de la asistencia circulatoria mecánica de flujo pulsátil se relaciona a una menor sobrevida comparada a la utilización de asistencia circulatoria mecánica de flujo continuo.²⁵ A pesar de la fuerte evidencia presentada por el INTERMACS 2012 de que la utilización de flujo pulsátil está asociada a la menor sobrevida, es importante resaltar que en este estudio, los datos presentados se refieren al flujo pulsátil inducido en asistencia circulatoria mecánica de larga duración y no a flujo pulsátil inducido por BCIA durante la circulación extracorpórea.

La circulación extracorpórea difiere de la asistencia cardiorrespiratoria de larga duración en varios aspectos. La asistencia cardiorrespiratoria de larga duración como el propio nombre dice puede durar días, semanas o hasta meses, diferente de la circulación extracorpórea, que es una práctica que dura entre minutos hasta algunas horas. De esta forma, los efectos asociados a la utilización de terapias pulsátiles en

asistencia de larga duración no pueden ser extrapoladas a la circulación extracorpórea.

Además, la utilización de flujo pulsátil inducido por el BCIA es una práctica diferente de otras tecnologías pulsátiles extracorpóreas, pues, el flujo pulsátil inducido por el BCIA interactúa poco con el circuito de CEC, ya que el flujo que sale de la bomba de CEC es continuo y se torna pulsátil apenas después a la actuación del BCIA dentro de la aorta del paciente, sin que haya puntos de estasis sanguíneo asociados a la utilización del BCIA. De manera opuesta, el flujo pulsátil inducido por mecanismos pulsátiles de larga duración, sean ellos intracorpóreos o paracorpóreos, están asociados a efectos deletéreos como: disturbios de la coagulación; traumatismo de elementos sanguíneos; y peor resultado clínico. Parte de estos efectos deletéreos están relacionados con interacción de los dispositivos pulsátiles de larga duración con el organismo, ocasionando puntos de estasis sanguíneo, lo que no sucede cuando se trata del empleo del BCIA durante la CEC.

En vista que todavía no existe un consenso sobre la mejor modalidad de flujo utilizada durante la CEC y considerando los indicios de que el flujo pulsátil inducido por el BCIA durante la CEC presenta efectos benéficos y aparentemente, libre de riesgos, más estudios precisan ser realizados, ampliando el número de muestra, para esclarecer los efectos de la mantención del flujo pulsátil inducido por el BCIA durante la CEC.

CONCLUSIÓN

Hay controversias en cuanto a las ventajas del empleo del flujo pulsátil producido por el BCIA durante la CEC, debido al número restringido de evidencia clínica contundente que sustente esta práctica. Sin embargo, los trabajos publicados hasta el momento evidencian efectos benéficos y ausencia de efectos deletéreos asociados a la mantención del BCIA activado durante la CEC. De esta forma, se trata de un terreno fértil para investigaciones futuras, teniendo en cuenta la posibilidad de obtener un patrón de flujo semejante al fisiológico durante la CEC.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Murphy, G. S., Hessel, E. A. & Groom, R. C. Optimal Perfusion During Cardiopulmonary Bypass: An Evidence-Based Approach. *Anesthesia & Analgesia*.2009;108(5):1394–1417.
2. Poullis, M. Perfusion and aortic surgery: patient directed cardiopulmonary bypass and quality improvement. *The journal of extra-corporeal technology*.2011;43(1):P68-71.
3. Undar, A., Frazier, O. H. & Fraser, C. D. Defining pulsatile perfusion: quantification in terms of energy equivalent pressure. *Artificial organs*. 1999;23(8):712–6.
4. Hornick, P. & Taylor, K. Pulsatile and nonpulsatile perfusion: the continuing controversy. *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia*.1997;11(3):310–5.
5. Kohlstaedt, K. G. & Page, I. H. The liberation of renin by perfusion of kidneys following reduction of pulse pressure. *The Journal of experimental medicine*. 1940;72(2):201–16.
6. Many, M. et al. The physiologic role of pulsatile and nonpulsatile blood flow. II. Effects on renal function. *Archives of surgery*.1960;95(5):762–7.
7. Shepard, R. B., Simpson, D. C. & Sharp, J. F. Energy equivalent pressure. *Archives of surgery*.1966;93(5):730–40.
8. Wright, G. Hemodynamic analysis could resolve the pulsatile blood flow controversy. *The Annals of Thoracic Surgery*.1994;58(4):1199–1204.
9. Chow, G. et al. Stöckert roller pump generated pulsatile flow: cerebral metabolic changes in adult cardiopulmonary bypass. *Perfusion*.1997;12(2):113–9.
10. Saito, S. et al. End-organ function during chronic nonpulsatile circulation. *The Annals of thoracic surgery*.2002;74(4):1080–5.
11. Gourlay, T., Gibbons, M. & Taylor, K. Pulsatile Flow Compatibility of a Group of Membrane Oxygenators. *Perfusion*.1987;2:115–126.
12. Wang, S., Haines, N. & Undar, A. Quantification of pressure-flow waveforms and selection of components for the pulsatile extracorporeal circuit. *The journal of extra-corporeal technology*.2009;41(1):P20-5.
13. Karichev, Z. R., Muler, A. L. & Vishnevsky, M. E. Spontaneous gas bubbling in microporous oxygenators. *Artificial organs*.1999;23(10):904–9.
14. Kayser, K. L. Pulsatile perfusion problems. *The Annals of thoracic surgery*.1979;27(3):284–5.
15. Pearson, D. T., Holden, M. P., Poslad, S. J., Murray, A. & Waterhouse, P. S. A clinical evaluation of the performance characteristics of one membrane and five bubble oxygenators: gas transfer and gaseous microemboli production. *Perfusion*.1986;1(1):15–27.

16. Elias V Haddad, MD, F. A. Intra-aortic Balloon Counterpulsation.[internet] Disponible en: <http://emedicine.medscape.com/article/1847715-overview#a1>. Revisado en: febrero 2020.
17. Kawahara, F. et al. Balloon pump-induced pulsatile perfusion during cardiopulmonary bypass does not improve brain oxygenation. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*.1999;118(2):361-366.
18. Onorati, F. et al. Intra-aortic Balloon Pump-induced Pulsatile Flow Reduces Coagulative and Fibrinolytic Response to Cardiopulmonary Bypass. *Artificial Organs*.2008;32(6):433-41.
19. Onorati, F. et al. Body perfusion during adult cardiopulmonary bypass is improved by pulsatile flow with intra-aortic balloon pump. *The International journal of artificial organs*.2009;32(1):50-61.
20. Onorati, F. et al. A Randomized Trial of Pulsatile Perfusion Using an Intra-Aortic Balloon Pump Versus Nonpulsatile Perfusion on Short-Term Changes in Kidney Function During Cardiopulmonary Bypass During Myocardial Reperfusion. *American Journal of Kidney Diseases*.2007;50(2):229-38.
21. Onorati, F. et al. Intra-aortic balloon pump induced pulsatile perfusion reduces endothelial activation and inflammatory response following cardiopulmonary bypass. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*.2009;35(6):1012-19.
22. Onorati, F. et al. Pulsatile perfusion with intra-aortic balloon pumping ameliorates whole body response to cardiopulmonary bypass in the elderly*. *Critical Care Medicine*.2009;37(3):902-911.
23. Onorati, F. et al. Intraaortic Balloon Pumping During Cardioplegic Arrest Preserves Lung Function in Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *The Annals of Thoracic Surgery*.2006;82(1):35-43.
24. Hosmane, S. R. & Dawson, A. G. In patients coming to theatre with an intra aortic balloon pump, is it better to turn it off or keep it on while on bypass? *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery*.2010;11(3):314-21.
25. Kirklin, J. K. et al. The Fourth INTERMACS Annual Report: 4,000 implants and counting. *The Journal of heart and lung transplantation*.2012;31(2):117-26.

Fecha de recibido: 23/05/2020.

Fecha de aceptado:17/06/2020.



ALAP

Asociación Latinoamericana de Perfusión
PERFUSIÓN CON SALUD

LA SALUD EMPIEZA POR
NOSOTROS MISMOS.



SALUD-CONCIENCIA-BIENESTAR

LA ESCUELA DE PERFUSIÓN DE **CEDIMAT** OFRECE UNA
Maestría en Circulación Extracorpórea y Perfusión
de 2 años que cumple con altos estándares educativos y de calidad.

Es un programa amplio con énfasis en cirugía cardíaca
adulto, pediátrica, adulto congénito y ECMO.



Más información en alapescueldard@gmail.com

Utilidad del Ecocardiograma en ECMO: Experiencia en Pediatría.

Echocardiogram use during ECMO: Pediatric Experience.

DRA. JANET TORIBIO

Cardiólogo Pediatra - Ecocardiografista - Hemodinamista. Unidad Cardiovascular Pediátrica, del Centro Cardiovascular de CEDIMAT, Santo Domingo, República Dominicana.

RESUMEN

La oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO, por sus siglas en inglés) en niños surgió hace más de 4 décadas, a medida que hemos avanzado en el tiempo las indicaciones son cada vez mayores, y la ecocardiografía desempeña un papel fundamental para la elección o el descarte del paciente, la canulación y el inicio, la monitorización, y el destete del soporte con ECMO. La comprensión de la anatomía y fisiología del circuito de ECMO y del paciente es crucial antes de cualquier evaluación ecocardiográfica para soporte con ECMO. Sin embargo, las decisiones no deben ser tomadas exclusivamente por los hallazgos en el ecocardiograma debido a que el mismo tiene limitaciones, por lo que debe correlacionarse con la clínica. Aún no existen guías en ecocardiografía pediátrica. Las pautas son inherentes a cada grupo de ECMO, adoptando el protocolo de acuerdo con las necesidades. En la siguiente revisión incluimos el rol de la ecocardiografía para ECMO Venoso-Arterial (VA) y Venoso-Venoso (VV).

Palabras clave: Ecocardiografía, Ecocardiograma transtorácico, Ecocardiograma transesofágico, ECMO venovenoso, ECMO venoarterial, Pediatría

ABSTRACT

The extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in children emerged more than 4 decades ago, as we have progressed over time the indications are increasing, and echocardiography plays a fundamental role for the choice or discard of the patient, cannulation and initiation, monitoring, and weaning from ECMO support. Understanding the anatomy and physiology of the ECMO circuit, and the patient, is crucial before any echocardiographic evaluation for ECMO support. However, decisions should not be made exclusively by the findings on the echocardiogram because it has limitations, so it must be correlated with the clinic of the patient. Guidelines for pediatric echocardiography do not yet exist. The guidelines are inherent to each ECMO team, so each ECMO team should adopt its protocol according to the needs. In the following review we include the role of echocardiography for Arterio-Venous (VA) and Venous-Venous (VV) ECMO.

Key words: Echocardiography, Transthoracic Echocardiogram, Transesophageal Echocardiogram, Venovenous ECMO, Venous-arterial ECMO, Pediatrics

INTRODUCCIÓN

La ecografía desempeña un papel fundamental en las indicaciones para la Oxigenación por Membrana Extracorpórea (ECMO, por sus siglas en inglés), las cuales van en aumento debido a que este ofrece beneficios de supervivencia.^{1, 2} Esta forma parte del examen del paciente crítico en la Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos (UCIP), permitiendo la evaluación de la sonoanatomía pulmonar, y la función cardíaca.³ El rol de la ecografía, particularmente, de la ecocardiografía en pacientes en ECMO ha hecho una transición a través de los años ya que esta pasó de ser sólo uno de los medios primarios de la evaluación de la función cardíaca a ser una herramienta cuyos hallazgos son integrados a la evaluación general y al manejo de los pacientes pediátricos y neonatos con ECMO.^{1, 3, 4} Además, no solo tiene un rol esencial para anticipar las complicaciones y para la obtención de buenos resultados, sino también en el acceso seguro, efectividad y preparación para la iniciación del circuito y la separación o el destete.^{5, 1}

Es importante reconocer que la comprensión de la anatomía del paciente y del circuito ECMO son cruciales antes de realizar la evaluación ecocardiográfica. Sin embargo, la utilidad de la ecocardiografía no está limitada a la evaluación de la función cardíaca, por lo que las decisiones clínicas no deberían de hacerse exclusivamente en base a los hallazgos ecocardiográficos.¹ Una de las ventajas principales de la ecocardiografía es que es un estudio de fácil acceso, que está cerca del paciente y provee una evaluación de las variables cuantitativas y cualitativas, en tiempo real, de la estructura cardíaca, con alta sensibilidad y especificidad.^{1, 3, 6}

La ecocardiografía ha emergido como técnica por excelencia en la estratificación del riesgo en la evaluación de la función ventricular derecha e izquierda pre-ecmo.¹ También es útil para determinar el grado de recuperación ventricular durante el mismo y para el diagnóstico de enfermedades que requieren ECMO, considerando que detecta todas las complicaciones cardíacas y vasculares que puedan surgir con su uso.¹ Por otro lado, identifica lesiones valvulares y la función del ventrículo izquierdo causantes de inestabilidad hemodinámica grave, o las excluye, para evitar el soporte del ECMO. Las imágenes

que se realicen deben ser de buena resolución.⁵ Aunque la ecocardiografía tiene indicaciones y aplicaciones específicas que son útiles para el soporte con ECMO, también tiene limitaciones.¹ Igualmente, los cambios fisiológicos inducidos por el ECMO pueden alterar los hallazgos ecocardiográficos, por lo que se sugiere el uso de un protocolo específico y consistente en pacientes en los que se recomienda y se use ECMO.¹

El ECMO, cuando falla el manejo médico, provee un soporte pulmonar y/o cardíaco, si la valoración clínica y ecocardiográfica apunta a que el paciente es reversible.¹ En caso de parada cardiopulmonar, que no responde a medidas convencionales de Resucitación Cardiopulmonar (RCP), la reanimación cardiopulmonar extracorpórea con soporte de ECMO proporciona apoyo cardiovascular inmediato.⁶

La ecocardiografía es fundamental para selección del modo apropiado del soporte Veno-Venoso (VV) o Veno-Arterial (VA) y descartar complicaciones mecánicas tales como defectos anatómicos o complicaciones del sistema de ECMO.^{1, 5}

Diferentes autores recomiendan que sea realizado por un médico entrenado en ecocardiografía, con vasta experiencia en la realización de ecocardiografía en ECMO, debe ser parte del equipo para neonatos y niños, para el manejo del paciente pediátrico en ECMO (Guías de la Organización de Soporte de Vida Extracorpóreo, ELSO por sus siglas en inglés).^{2, 6, 7} El objetivo de este artículo es proveer una visión general de los elementos claves que se deben de considerar en la valoración ecocardiográfica en neonatos y pacientes pediátricos que requieran ECMO.

EVALUACIÓN ECOCARDIOGRÁFICA PRE-ECMO.

La valoración ecocardiográfica para identificar la anatomía, el reconocimiento de la condición hemodinámica del paciente y la selección de la mejor modalidad de ECMO son primordiales previamente a la iniciación del soporte con ECMO.⁵ Es importante resaltar que el estudio ecocardiográfico depende de la estabilidad del paciente.¹ La ecocardiografía tendrá diferentes enfoques dependiendo del caso de cada paciente,

por ejemplo, caso de paro cardíaco, la ecocardiografía estará enfocada en los defectos anatómicos y en condiciones hemodinámicas reversibles, como el taponamiento cardíaco enfermedad valvular, enfermedad obstructiva, y disfunción ventricular tratable.^{1, 5, 8} Durante falla respiratoria severa, la ecocardiografía guía en la selección del modo de ECMO en un paciente que curse con disfunción ventricular izquierda.⁹ Además, permite identificar contraindicaciones, particularmente la insuficiencia aórtica severa y la disección aórtica.^{9, 8} Igualmente, diferencia entre la falla cardíaca aguda y la falla respiratoria aguda, y es una guía para decidir modos de canulación, central versus periférica y quirúrgica versus percutánea.⁷ Además, determinar el gasto cardíaco es útil para estimar la cantidad del flujo requerido para la oxigenación del paciente.⁷

Del mismo modo, la ecocardiografía identifica la anatomía del corazón derecho, permitiendo identificar comunicación interauricular, foramen ovale permeable (Figura 1), aneurismas septales, anatomía de la válvula tricúspide, marcapasos, descartar efusión y/o tamponada, evaluar la permeabilidad vascular periférica, demostrar la continuación de la vena cava inferior a la aurícula derecha, evaluar la vena cava superior derecha y descartar vena cava superior izquierda persistente y presencia de un ductus arterioso patente (evaluar si el cortocircuito está presente).¹ Así mismo, evalúa la posición de cables evitando la colocación de la cánula venosa para VV o VA.¹ También evalúa la función del ventrículo izquierdo y ventrículo derecho, la anatomía coronaria, la existencia o no de drenaje venoso pulmonar anómalo y la anatomía del arco aórtico.¹

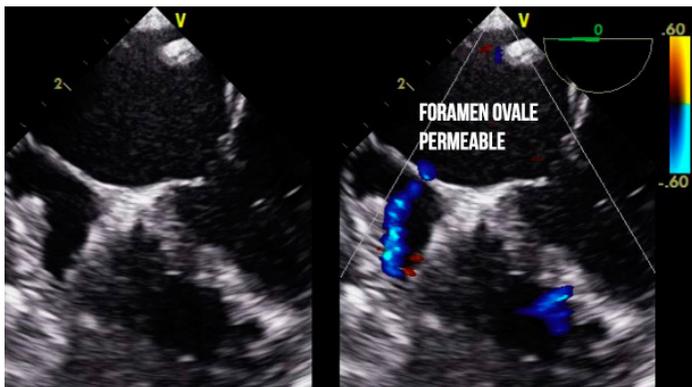


Figura 1. A. Evaluación ecocardiográfica pre-ECMO que demuestra en imagen derecha paso de color azul a través del septum interauricular por presencia de foramen oval permeable. (imágenes cortesía del Banco de Imágenes de la Unidad Cardiovascular Pediátrica de CEDIMAT)

En la aurícula derecha se evalúa el seno coronario, valorando dilatación, y la Red de Chiari. Los parámetros para la evaluación del Ventrículo Derecho (VD)^{1,3}:

Morfología del VD

- Área de fin de diástole de Ventrículo Derecho (VD) / área de fin de diástole del ventrículo izquierdo (VI).
- Forma triangular versus redondeada del ápex.
- Espesor de la pared del VD.
- Signo de McConneill: aquinesia o hipoquinesia de los segmentos medios de la pared ventricular derecha libre para diagnóstico de tromboembolismo pulmonar agudo descartando hipertensión pulmonar primaria¹⁰.

Función sistólica del VD:

- Cambio de la Fracción de Eyección (FE).
- Doppler tisular en el anillo tricúspide (TAPSE por su acrónimo en inglés), Onda S del anillo de la tricúspide.
- Onda de doppler pulsado a través de la válvula pulmonar: Tiempo de aceleración de la arteria pulmonar (PAAT por sus siglas en inglés) / patrón bifásico.
- Aceleración miocárdica durante la contracción isovolumétrica.

Función diastólica del VD:

- Relación E/A del flujo transtricuspídeo.
- Estimar presión de llenado de Ventrículo Izquierdo: relación E/e².
- Tiempo de Desaceleración.
- Colapso de la Vena Cava Inferior.
- Inversión del flujo en las venas hepáticas durante la contracción auricular.

Septum interventricular: presencia del septum paradójico.

Regurgitación tricuspídea: Estimación de la presión sistólica del VD.

Además, se debe de evaluar el lado izquierdo del corazón, incluyendo la morfología, y la función sistólica y diastólica del VI. Para la valoración de la morfología del VI se debe de tener en cuenta el tamaño y el espesor de la pared. Para la función sistólica del ventrículo izquierdo se valorará: Fracción de Eyección (FE) por el método de Simpson o cambio de área fraccional (CAF), Tiempo integral de velocidad aórtica (VTI), Regurgitación mitral, doppler de la curva de ascenso de la presión intraventricular (dP/dt) del ventrículo izquierdo (VI), aceleración miocárdica durante la contracción

isovolumétrica, Para la función diastólica se valorará relación E/A(flujos transmitral), E/e' en el anillo mitral (estimando así las presiones de llenado de ventrículo izquierdo), tiempo de desaceleración, y flujo reverso en las venas pulmonares durante la contracción auricular izquierda.¹

Se debe de realizar una evaluación valvular, sobre todo de la válvula aórtica, antes de la canulación, considerando que durante el ECMO no se puede evaluar de manera correcta por el flujo del mismo incidiendo sobre ellas.^{1,3} Además, se debe descartar insuficiencia aórtica severa pues es una contraindicación relativa para soporte con ECMO.¹ La disección aórtica no reparada representa una contraindicación absoluta en ECMO VA, mientras que la insuficiencia aórtica moderada es contraindicación relativa porque el aumento de la postcarga del ventrículo izquierdo, determinada por el propio ECMO, conduce a un empeoramiento de la insuficiencia aórtica.^{1, 8} Sobre la aurícula izquierda (AI) es necesario la evaluación del tamaño y volumen.^{1,3} La falla cardíaca severa e hipertensión pulmonar severa (presión media en la arteria pulmonar >50 mmHg) son contraindicaciones absolutas para ECMO VV.⁸ El ecocardiograma transtorácico usualmente, es suficiente para la edad pediátrica y se pueden usar vistas combinadas con la vista subcostal. Sin embargo, es importante recalcar, que cuando el paciente postquirúrgico tiene indicado el cierre diferido del tórax, muchas veces la ventana ecocardiográfica no es suficiente, por lo que se pondera el uso del ecocardiograma transesofágico para mejores vistas.

EVALUACIÓN ECOCARDIOGRÁFICA DURANTE LA CANULACIÓN.

Durante esta fase tenemos tres objetivos básicos: escoger el tamaño de la cánula apropiado, colocar de manera óptima la cánula y reducir el porcentaje de complicaciones asociadas a la canulación.^{1,9}

El papel central del estudio ecocardiográfico es que permite medir el diámetro de los vasos para canular, siendo la más común la arteria femoral.^{5,9} Esto ayuda a decidir el tamaño de las cánulas para evitar oclusiones, especialmente porque pueden causar isquemia, verificar que el flujo sea óptimo, descartar dilatación aguda de ambos ventrículos y realizar doppler a color para evaluar la perfusión distal.^{1,9} Durante la canulación debe de haber una buena comunicación entre el operador y el ecocardiografista sobre el sitio adecuado de la inserción de la cánula para evitar la incorrecta colocación de la

guía en la vena hepática y el ventrículo derecho.^{5,7} En muchos casos, la canulación se puede realizar sin guía ecocardiográfica. Sin embargo, la canulación guiada por ecocardiografía reduce la tasa de complicaciones tales como, hematoma retroperitoneal, daño vascular, taponamiento cardíaco, o sugerir al operador canulación de manera quirúrgica evitando así isquemia de los miembros inferiores.^{1,9}

La ecocardiografía tiene mayor porcentaje de sensibilidad y especificidad en comparación con la radiografía para identificar el punto exacto de llegada de las cánulas (Figura 2), considerando que es un examen estático y no permite definir con precisión la posición de la cánula.^{3,9} Esto resulta en una disminución del porcentaje de pacientes que necesitan un reposicionamiento quirúrgico de los catéteres del ECMO.⁹ La posición exacta de la cánula arterial femoral permite optimizar el flujo, así como la posición exacta de la cánula venosa en la vena cava inferior (VCI), por encima de la vena hepática, y contribuye a un drenaje excelente, optimizando claramente el drenaje hepático.⁵

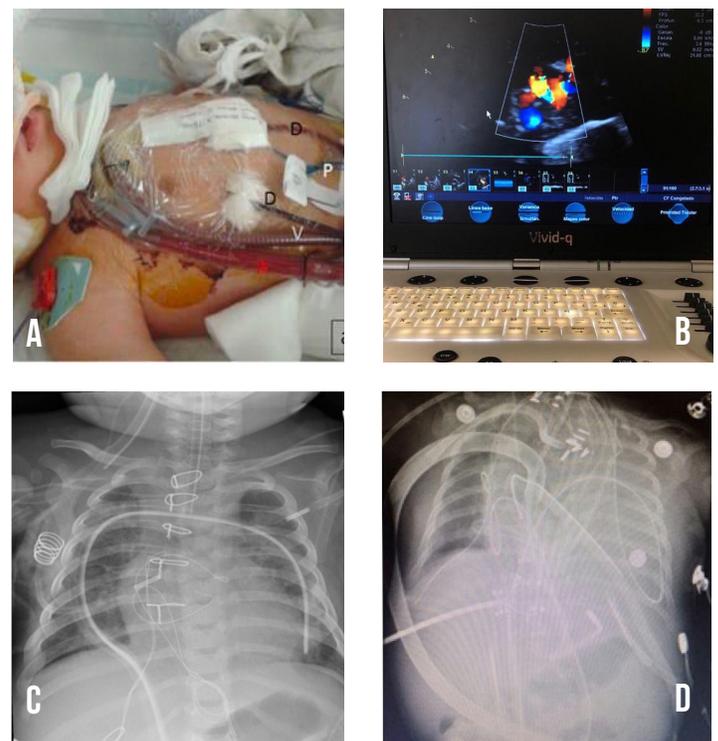


Figura 2. A. Paciente de un año durante ECMO, la colocación de las cánulas vistas desde fuera. B. Máquina de ultrasonido para realizar ecocardiografía C y D Estos son dos ejemplos de la dificultad en el estudio radiográfico para identificar el sitio exacto de la canulación el ecocardiograma en cambio la enseña (imágenes cortesía del banco de imágenes de la Unidad Cardiovascular Pediátrica de CEDIMAT).

Para la canalización venosa, es necesario asegurarse de que las guías, insertadas percutáneamente, se coloquen dentro del corazón o de los grandes vasos.⁹ La cánula no se puede introducir, ni mucho hacia la vena cava inferior, ni dejarla orientada hacia la tricúspide.¹¹ Sólo después de la confirmación con la ecocardiografía, se puede proceder a avanzar las cánulas sobre estas guías.⁴ Sin embargo, es necesario discriminar las imágenes reales de los artefactos ecocardiográficos generados por estas guías y cánulas, antes de proceder a la posición final de las mismas. Para la canalización arterial, las cánulas deben de introducirse dos centímetros dentro de la carótida derecha, porque, de lo contrario, la punta de la cánula queda muy cerca de la pared inferior del arco aórtico, lo que puede producir aumento de la presión o complicaciones como disección aórtica.¹¹

Con la ecocardiografía transesofágica, la proyección bicaval nos puede orientar perfectamente con relación a la posición óptima de la cánula venosa.⁵ Por otro lado, es una alternativa al uso de fluoroscopia.⁷ Aunque la ecocardiografía no puede indicar el nivel de la punta de la cánula arterial, que llega a la arteria ilíaca desde la arteria femoral, puede confirmar que la guía utilizada en la canalización arterial percutánea, se encuentra en la luz de la aorta, antes de la dilatación de la arteria femoral, reduciendo el riesgo de su colocación extra arterial.¹² La ecocardiografía puede ser particularmente útil durante la colocación de la cánula de doble luz, ya que el flujo Doppler puede guiar la dirección precisa del jet de reinfusión a través de la válvula tricúspide.⁴

Por lo tanto, es esencial visualizar en tiempo real el posicionamiento de las guías en la vista bicaval transesofágica (Vena cava inferior y vena cava superior).¹² Esto es para evitar la colocación incorrecta de la cánula en el ventrículo derecho, en el seno coronario o, peor aún, en la aurícula izquierda a través de un foramen oval permeable (FOP). Durante todas las maniobras de posicionamiento de las cánulas venosas, se debe prestar especial atención a la presencia de derrame pericárdico, por traumatismo a nivel del ventrículo o la aurícula derecha y a la posible succión del tabique interauricular, con la obstrucción del flujo de drenaje, vinculado a la aspiración venosa de una cánula adherente al tabique mismo.^{1,5} En caso de notar disminución del rendimiento de la oxigenación en el ECMO debemos sospechar fenómeno de recirculación debido a una posición cercana de las cánulas de drenaje y reinfusión.^{1,4,5}

EVALUACIÓN ECOCARDIOGRÁFICA DURANTE ECMO .

Los objetivos principales de la ecocardiografía durante el soporte con ECMO son los siguientes: reconocer la recuperación cardiovascular, o la falta de ella, y mostrar el punto exacto de llegada de las cánulas (Figura 3)¹.



Figura 3. Ecocardiografía que muestra llegada de cánula en la aorta (imágenes cortesía del Banco de Imágenes de la Unidad Cardiovascular Pediátrica de CEDIMAT).

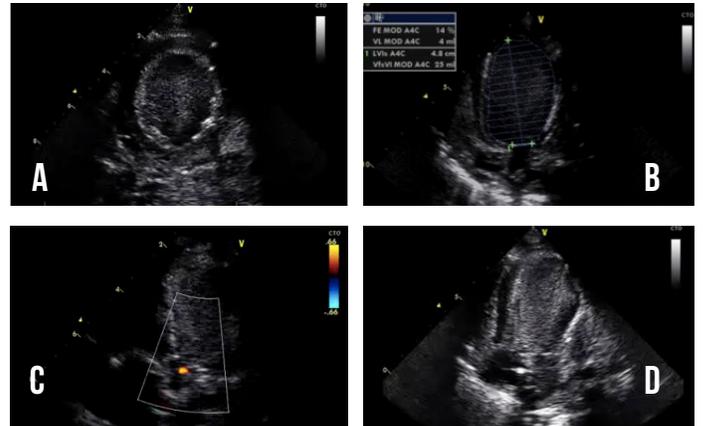


Figura 4. A. Dilatación significativa de ventrículo izquierdo y humo intracavitario. B. Función sistólica de VI por Simpson que es de apenas del 14% C. En un 5 Cámaras, se observa la válvula aórtica cerrada sin flujo pulsátil. D. En esta vista podemos visualizar un flujo estagnante o humo. (imágenes cortesía del Banco de Imágenes de la Unidad Cardiovascular Pediátrica de CEDIMAT)

Al poder visualizar la canalización se previenen complicaciones como malposición, acodamiento y excesiva introducción de las cánulas.^{1,5} Igualmente, permite verificar que el flujo está dirigido apropiadamente mirando la punta, hacia los puertos laterales, evitando la reinsertación. Puede, además, guiar hacia

la reposición correcta de las mismas. Durante el estudio se debe de evaluar el vaciamiento ventricular, posición del septum interventricular y movimiento de las paredes.

La monitorización es especialmente importante para la hemodinamia y el monitoreo de líquidos durante el ECMO.

Los parámetros convencionales para la monitorización serían los mismos descritos para la evaluación sistólica y diastólica del lado derecho e izquierdo.¹ Es fundamental hacer hincapié en la realización del VTI ya que es un parámetro cuantitativo para evaluar la recuperación cardíaca del ventrículo izquierdo.^{1,3}

Además, se deben de seguir todos los parámetros para la evaluación sistólica y diastólica ventricular derecha e izquierda, ya antes expuesta para del inicio del ECMO.¹

Durante la monitorización detectamos migración de la cánula, tornándose insuficiente; pérdida de la pulsatilidad, debido a deterioro funcional o tamponada (incluso con tórax abierto); realizamos cálculo del gasto cardíaco; disfunción grave del ventrículo izquierdo más insuficiencia mitral severa mostrando que el ventrículo izquierdo se dilata y la Válvula Aórtica no abre lo cual causa disminución del gasto cardíaco (Figura 4).¹⁵

El flujo sanguíneo de ECMO se puede ajustar en función de la evaluación general de la función sistólica ventricular y la precarga cardíaca.¹ La distensión del ventrículo izquierdo ocurre por aumento de la presión telediastólica y compromete la recuperación funcional del corazón. Durante ECMO VA la precarga del ventrículo izquierdo generalmente disminuye, pero la postcarga aumenta, lo que resulta en una distensión del ventrículo izquierdo asociada con la falta de apertura de la válvula aórtica (Figura 4) permitiendo que el flujo se vuelva continuo y no pulsátil, provocando éstasis (Figura 4), tendencia a la trombosis y embolización, comprometiendo la recuperación del corazón. Por lo tanto, se debe reducir el flujo o colocar balón de contrapulsación.^{5,1,9}

Después de la terapia anticoagulante, necesaria en ECMO VA, la recolección de sangre pericárdica puede volverse consistente a muchas horas del posicionamiento, y solo una serie de análisis de ecocardiografía permite el reconocimiento de esta situación clínica.

Otra solución para la descompresión ventricular izquierda,

en pacientes que reciben ECMO por insuficiencia miocárdica (Ejemplo: Miocarditis), es la septostomía auricular con balón, utilizada especialmente en pacientes pediátricos. La ecocardiografía, a través de la evaluación del flujo transaórtico, es un instrumento valioso para medir el gasto cardíaco durante el soporte de ECMO ya que todos los métodos de monitoreo de gasto cardíaco tienen su margen de error.¹

La ecocardiografía transtorácica añade valor a la hora de diagnosticar hipoperfusión arterial de miembros superiores durante el soporte con ECMO cuando se usa anastomosis de la arteria maxilar.⁵

EVALUACIÓN ECOCARDIOGRÁFICA PARA DESTETE DEL SOPORTE CON ECMO

Durante el destete sube la precarga del ventrículo izquierdo y cae postcarga. Además, sube la precarga del ventrículo derecho y la postcarga varía cuando bajan los flujos. El destete es posible solo si la recuperación de la función cardíaca y/o la recuperación de la función pulmonar está asociada con la resolución de las condiciones patológicas que determinaron su uso.¹

Actualmente, no hay en pacientes pediátricos un consenso de cómo predecir la separación exitosa del ECMO, especialmente para el ECMO VV, sobre todo si usamos que existen cánulas que no permiten el cierre completo de la válvula Tricúspide, por lo que es más eficaz utilizar medidas seriadas.¹ Para el destete del ECMO VV es vital la evaluación del ventrículo derecho y la recuperación de la función pulmonar evaluando la oxigenación y la compliancia pulmonar disminuyendo el flujo de gas a través del circuito descartando hipertensión pulmonar.¹ Para esto utilizamos los siguientes parámetros:¹

- Disminución significativa de la presión de la arteria pulmonar
- TAPSE en el ventrículo derecho mayor de 11.5mm (Figura 6)
- Tiempo de aceleración de la Arteria Pulmonar mayor de 110ms.
- E/e' lateral (estima la presión de llenado del ventrículo izquierdo) en la pared izquierda libre, y debe ser mayor de 15.
- Debe haber disminución de la presión pulmonar estimada por la regurgitación de la válvula tricúspide

Para el destete del ECMO VA, la ecocardiografía realiza un rol significativo. 1 Para un destete exitoso se valora la hemodinamia y los marcadores de una perfusión adecuada, la recuperación de la función del VI y global, Dentro de algunas medidas que

puedan predecir un buen destete tenemos 1 :

- Una FE de VI entre 20% al 25% (Figura 5)
 - VTI aórtico mayor o igual 12 cms.
 - Ausencia de taponamiento cardiaco.
 - El anillo mitral lateral con pico de velocidad sistólica mayor a 6 cms/s.
 - Ausencia de dilatación ventricular significativa.
 - El destete se debe de realizar cuando le FE del VI, la relacion lateral E/Ea, el VTI, el strain lateral todos incrementa mientras se disminuye sistemáticamente el grado de soporte mecánico.
- Todos estos parámetros evalúan la función cardiaca y la ausencia de hipertensión pulmonar.¹

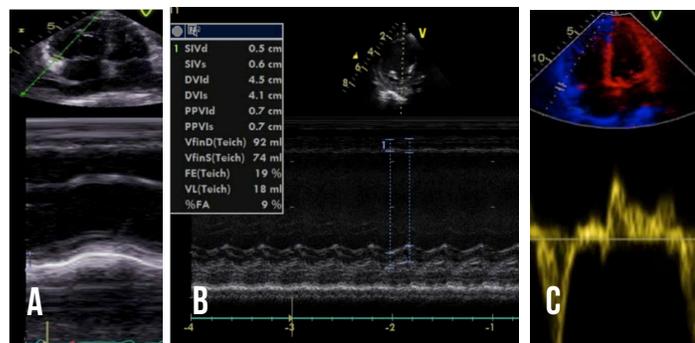


Figura 5. A. Modo M de Ventriculo izquierdo, que muestra septum interventricular paradójico. B. Valoración Modo M de la función ventricular izquierda por el método de stitch (FE). C. Doppler tisular y TAPSE ventricular derecho. (imágenes cortesía del Banco de Imágenes de la Unidad Cardiovascular Pediátrica de CEDIMAT)

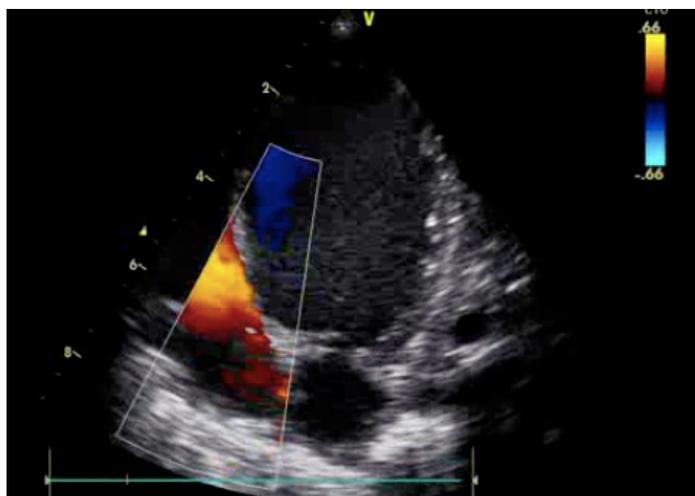


Figura 6. Lado derecho del corazón con válvula tricúspide abierta (imágenes cortesía del banco de imágenes de la Unidad Cardiovascular Pediátrica de CEDIMAT)

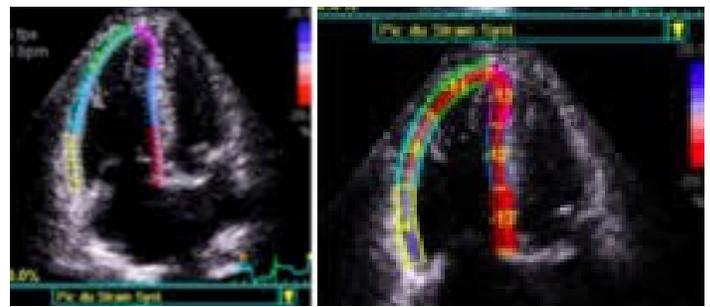


Figura 7. Eco Strain para la evaluación del ventrículo derecho.

Para la evaluación del corazón izquierdo necesitamos observar la morfología, el grosor de la pared, función sistólica (Simpson o FAC), anomalías del movimiento, Onda S del anillo Mitral, apertura de la válvula mitral (Figura 8) y velocidad integral del tracto de salida del ventrículo izquierdo (Figura 9).

Un signo indirecto de recuperación de la función cardíaca es el aumento de la presión arterial sistólica-diafólica y debemos hacer una evaluación incluyendo la clínica, la hemodinamia y la ecocardiografía.¹ El destete y la decanulación son fases delicadas y se necesita una evaluación hemodinámica y ecocardiográfica cuidadosa para identificar y tratar rápidamente los problemas que puedan surgir.¹ La evaluación ecocardiográfica también permite la evaluación vascular después de la decanulación.¹

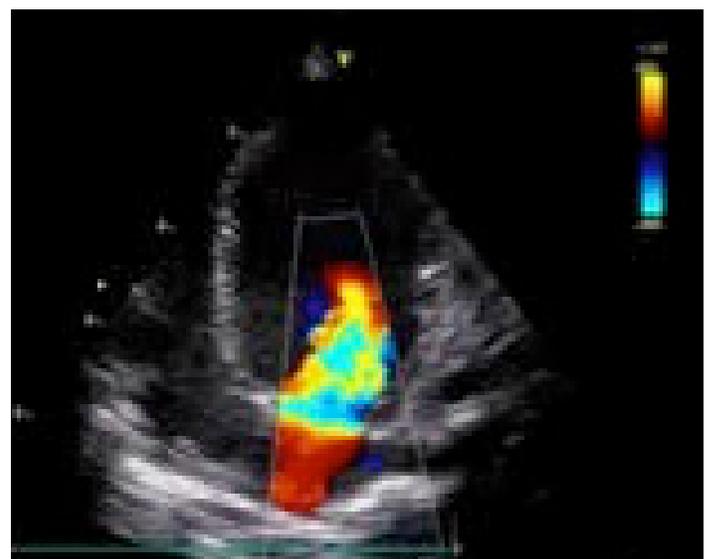


Figura 8: Doppler a color que muestra buena apertura de la válvula mitral. (imágenes cortesía del banco de imágenes de la Unidad Cardiovascular Pediátrica de CEDIMAT)

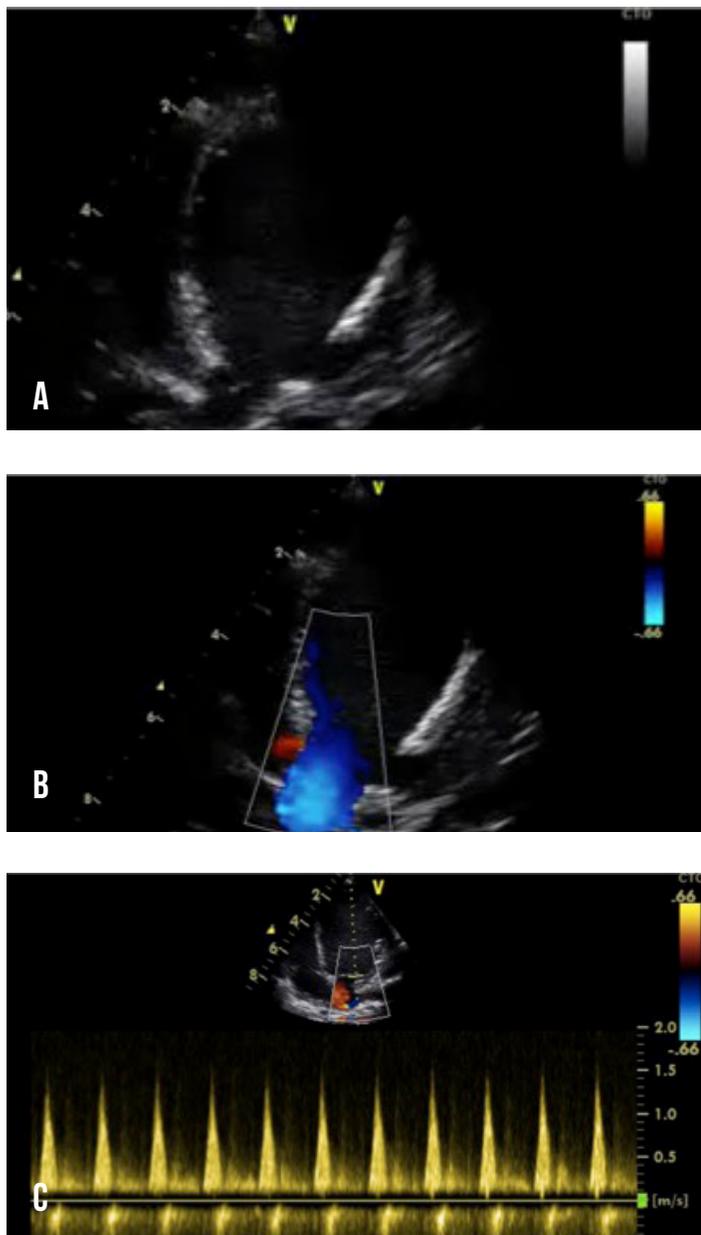


Figura 9. A. Vista de 5 cámaras B. Vista de 5 cámaras mostrando flujo en azul a través de la válvula aórtica, lo que significa mejoría de la función ventricular izquierda. C. Doppler aorta. (imágenes cortesía del banco de imágenes de la Unidad Cardiovascular Pediátrica de CEDIMAT)

CONCLUSIÓN

La ecocardiografía es obligatoria durante la evaluación para la selección o el descarte del paciente para el soporte con ECMO, la inserción de la cánula, el monitoreo hemodinámico, la detección

de complicaciones y durante el destete. La ecocardiografía es esencial para un ECMO exitoso. Esta revisión ha enfatizado parámetros ecocardiográficos específicos que podrían ser importantes para monitorizar cada fase del soporte con ECMO.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bautista-Rodriguez C, Sanchez-de-Toledo J, Da Cruz EM. The Role of Echocardiography in Neonates and Pediatric Patients on Extracorporeal Membrane Oxygenation. *Front Pediatr*; 6. Epub ahead of print 2018. DOI: 10.3389/fped.2018.00297.
2. de Caen Allan R., Berg Marc D., Chameides Leon, et al. Part 12: Pediatric Advanced Life Support. *Circulation* 2015; 132: S526–S542.
3. Dávila Salcedo RJ, Zegarra Uceda LA, Vidal Lostaunau MH, et al. Ecografía en el niño con oxigenación por membrana extracorpórea. *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo* 2017; 17: 300–308.
4. Guías para Falla Respiratoria Neonatal. Extracorporeal Life Support Organization (ELSO), https://www.elseo.org/Portals/0/ELSOGuidelinesNeonatalRespiratoryFailurev1_4_1.pdf (accessed 1 May 2020).
5. Kapoor PM. Echocardiography in extracorporeal membrane oxygenation. *Ann Card Anaesth* 2017; 20: 1.
6. Importancia de la Ecocardiografía para la evaluación hemodinámica en medicina intensiva pediátrica. *Revista de Peruanos de Intensivismo*, https://issuu.com/sopemi/docs/intensivismo_09_00__2_/9 (accessed 16 June 2020).
7. Extracorporeal Life Support Organization-ECMO, ECLS. Extracorporeal Life Support Organization - ECMO and ECLS > Error-404, <https://www.elseo.org/Portals/0/Files/els> (accessed 1 May 2020).
8. Platts DG, Sedgwick JF, Burstow DJ, et al. The role of echocardiography in the management of patients supported by extracorporeal membrane oxygenation. *J Am Soc Echocardiogr* 2012; 25: 131–141.
9. Vinodh Bhagyalakshmi Nanjayya DM. Ultrasound Guidance for Extra-corporeal Membrane Oxygenation General Guidelines. Extracorporeal Life Support Organization, https://www.elseo.org/Portals/0/Files/elseo_Ultrasoundguidance_ecmogeneral_guidelines_May2015.pdf.
10. McConnell MV, Solomon SD, Rayan ME, et al. Regional right ventricular dysfunction detected by echocardiography in acute pulmonary embolism. *Am J Cardiol* 1996; 78: 469–473.
11. Asociación Latinoamericana de Perfusión ALAP. Tendencia de Canulación en Pediatría para ECMO y Asistencia Ventricular, <https://www.youtube.com/watch?v=wsqBoTO02iw> (2020, accessed 16 June 2020).
12. Guía Identificación y Manejo de Recirculación en ECMO Venovenoso. Extracorporeal Life Support Organization (ELSO), https://www.elseo.org/Portals/0/Files/ELSO_Recirculation_guideline_May2015.pdf (accessed 1 May 2020).

Fecha de recibido: 23/05/2020.

Fecha de aceptado: 17/06/2020.



LA COMUNICACIÓN ES IMPORTANTE ¡MANTENTE INFORMADO!



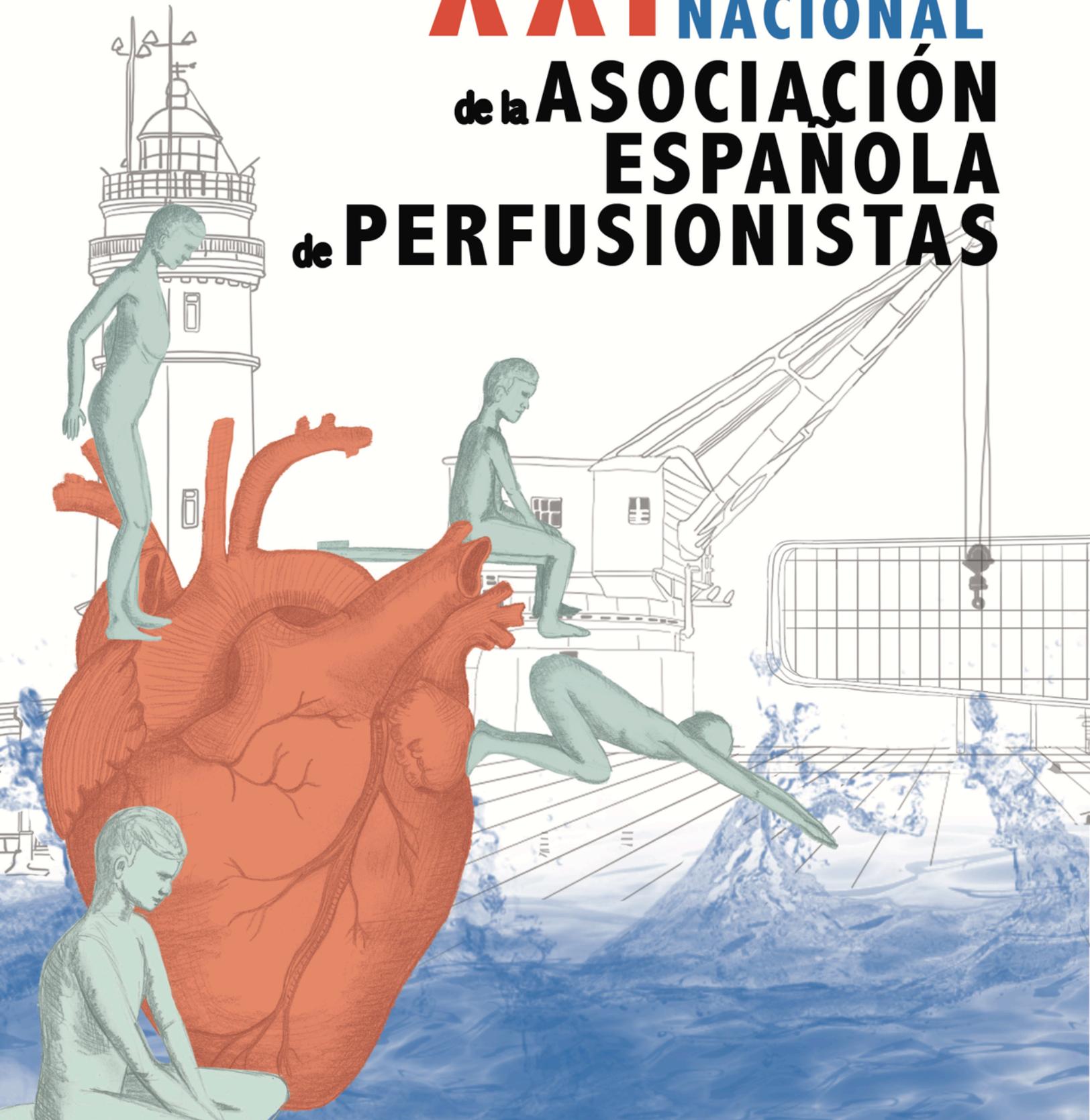
 Asociación Latinoamericana de Perfusión

 /perfusionlatinoamericana

 @alperfusion

XXI CONGRESO
NACIONAL

de la **ASOCIACIÓN
ESPAÑOLA
de PERFUSIONISTAS**



SANTANDER
14 al 17 de octubre 2020



“Con el mundo a tus pies...”

Semblanza de Marcia Silvana Cespedes Muñoz.



Perfusionista Marcia Silvana Cespedes Muñoz.

Desde las alturas se tiene una visión única del mundo que nos rodea. Es parte de esas sensaciones especiales que invaden a los escaladores cuando llegan a la cima de una montaña y miran a su alrededor. Una expansión del alma que solo quienes, superando temores y cansancios, no se dan por vencidos hasta alcanzar lo más alto y colocarse más cerca de los dioses, compartiendo con ellos el privilegio de “*tener el mundo a tus pies y al cielo tan cerca que casi puedes rozarlo con los dedos.*”

Pero el ascenso no es algo nada fortuito ni instantáneo. Comienza a gestarse desde mucho antes de la escalada. Es muy exigente la preparación previa que se requiere para coronar con éxito las alturas y experimentar ese estado de éxtasis reservado solo para los que tengan las condiciones físicas y estén dispuestos a esforzarse

“Uno de mis retos pendientes es el Nevado Alpamayo en Cordillera Blanca del Perú, que está considerada la montaña más bella y que representa un importante desafío de escalada”

nos dice Marcia Céspedes Muñoz “enfermera por vocación y perfusionista por pasión” como ella misma se define. Y agrega: “el deporte es fundamental en mi vida. Desde muy pequeña continuamente practico varias disciplinas. Es un excitante estilo de vivir, amo el aire libre y la naturaleza por sobre todas las cosas. Es lo que más me relaja, me conecta con una dimensión que va más allá de lo cotidiano, de lo intrascendente. Definitivamente me hace feliz y mantiene muy altos mis niveles de endorfinas. Estoy convencida de que me ayuda a llevarme muy bien con toda la gente, a sentirme muy feliz y realizada en mi trabajo, a pesar de que en esta profesión, nunca faltan las situaciones estresantes.”

Marcia fue la segunda enfermera de Chile formada como perfusionista con aval universitario en la Pontificia Universidad Católica, en 1995. Hasta el año 2005 se desempeñó como perfusionista pediátrica en el Hospital Luis Calvo Mackenna, que fue uno de los hospitales de Latinoamérica en el que se realizaron a partir de 1957, las primeras cirugías cardíacas a corazón abierto.

Luego de cuatro años en la Clínica Santa María, en el 2009, se traslada a Australia para trabajar como perfusionista pediátrica en el Mater Children's Hospital de la ciudad de Brisbane. No es hasta el 2012 cuando regresa a su Chile natal y se mantiene hasta hoy en la Clínica Santa María, como perfusionista en pediatría y adultos. Además de formar parte de los equipos de trasplante de pulmón, corazón e hígado y en procedimientos de quimioterapia HIPEC. Durante 8 años, participó activamente en misiones de voluntariado solidario como perfusionista en Nicaragua y en la República Dominicana.

Marcia desborda entusiasmo, inquieta por naturaleza, siempre esta transmitiendo buenas energías. *"Hace años decidí transformar mi vida para ir tras mis sueños y encarar mis desafíos. Soy de esas soñadoras despiertas. Muchos sueños rondan en mi mente y consistentemente los voy convirtiendo en realidades. Solo quiero ser yo misma y nunca dejar de aprender. Viajo por la vida ligera de equipaje, porque mi misión fundamental es ser cada día una mejor persona. Me gustaría ser recordada por mi calidad humana, por mi alegría, mi positivismo. Sé que no es fácil, pero pongo en ello todo el empeño posible"*



Perfusionista Marcia Silvana Cespedes Muñoz.



Perfusionista Marcia Silvana Cespedes Muñoz.

Durante esta pandemia, Marcia organizó una campaña solidaria con sus amigos que se llama: *"Endulcemos a nuestros heroes de la salud enfrentados al Covid 19."* La cual consistía en llevar golosinas y alimentos al personal de guardia en las salas de terapia intensiva de todo Santiago. Y como celebración del Día de la Enfermera, también visitó algunos hospital para compartir con sus colegas, unas galletas elaboradas especialmente para esa ocasión al igual que para el día de las Madres. *"Esta crisis, del COVID19, nos ha hecho reflexionar profundamente sobre el sentido de nuestra vida, los verdaderos valores y el papel de nuestras profesiones en un mundo que clama por ayuda."*

Esta vibrante profesional que ejerce un gran liderazgo y que también es la actual Coordinadora de la Región Cono Sur de ALAP, se despide de sus colegas con estas reflexiones: *"Deberíamos ser los principales promotores de la prevención mediante la alimentación saludable, el ejercicio y la vida sana, porque trabajamos directamente con los factores de riesgo cardiovasculares. Hagamos deporte, aunque sea un par de veces a la semana y nuestro cuerpo nos lo agradecerá. Ejercita una mente ágil y despierta, mente sana en un cuerpo sano. Nunca pares de aprender ni de soñar, vibra en esta sintonía, pero por sobre todas las contingencias, nunca dejes que tu alma de niño se pierda, no dosifiques las risas, mas bien derrochalas!!!!!!!!!!!!!!"*

BIOCUBE

Oxigenador de membrana con fibra de polimetilpenteno para soporte cardiopulmonar.

Combinando calidad e innovación de la industria japonesa, NIPRO presenta el BIOCUBE, un dispositivo de oxigenación de membrana extracorpórea (ECMO), con fibra de PMP que inhiben el derrame precóez del plasma sanguíneo. El diseño del oxigenador en forma de "cubo" permite bajos volúmenes de llenado (cebado), manteniendo la eficiencia del intercambio de gases requerido para el soporte a largo plazo. Disponible en tamaños: neonatal, pediátricos y adulto.



OXIGENADORES BIOCUBE

Los oxigenadores BIOCUBE tienen un recubrimiento biocompatible, basado en heparina con acoplamiento iónico, que promueve la estabilidad de las propiedades antitrombogénicas. El diseño del oxigenador tipo panel modular, permiten una dispersión uniforme de la sangre con bajo gradiente de presión transmembrana.

VC01 - VACÍO

Válvula Reguladora de Vacío

Este equipo es utilizado en la asistencia del drenaje venoso de los pacientes sometidos a cirugía cardiaca convencional o mínimamente invasiva con C.E.C.

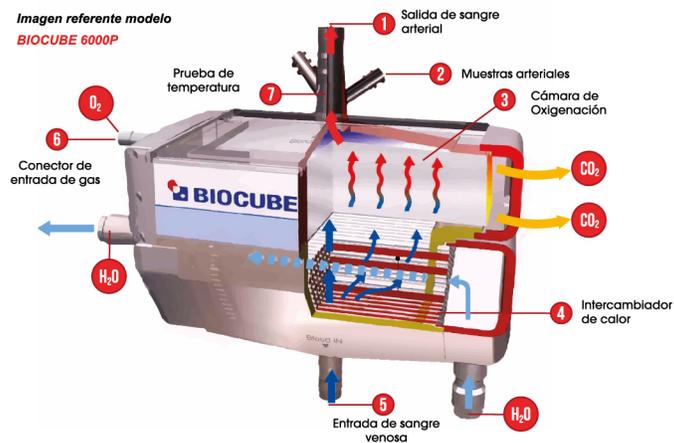
Características

- Especial indicación en procedimientos quirúrgicos de Cirugía Mínima Invasiva.
- Cuenta con un servo regulador para el control exacto de presión negativa.
- Control preciso de 0 a -100 mmHg.
- Válvula de sobrepresión negativa.
- Libre de consumibles.

CARACTERÍSTICAS

	BIOCUBE C2000P	BIOCUBE C4000P	BIOCUBE C6000P
VOLUMEN DE LLENADO	75mL	145mL	250mL
ÁREA EFECTIVA DE MEMBRANA	0.4 m ²	0.8 m ²	1.3 m ²
ÁREA EFECTIVA DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR	0,05 m ²	0,08 m ²	0,12 m ²
DIÁMETRO DE LA PUERTA DE ENTRADA DE SANGRE	1/4"	3/8"	3/8"
DIÁMETRO DE LA PUERTA DE SALIDA DE SANGRE	1/4"	3/8"	3/8"
PUERTA DE ENTRADA DE GAS	1/4"	1/4"	1/4"
PRESIÓN MÁXIMA DE SANGRE	66,6 kPa	66,6 kPa	66,6 kPa
FLUJO DE SANGRE MÍNIMO/MÁXIMO	0,3 - 2,0 L/min	1,0 - 4,0 L/min	1,0 - 7,0 L/min

Imagen referente modelo BIOCUBE 6000P



- Trampa de agua de fácil limpieza.
- Ayuda a la reducción de las líneas de sangre arterio-venosa al disminuir las distancias del circuito de C.E.C con el paciente.



Los científicos rusos y el inicio de la circulación extracorpórea.

Russian scientists and the beginning of extracorporeal circulation.

DIEGO FARIA MARQUES FERREIRA

Biomédico Perfusionista – Instituto do Coração/FMUSP - Brasil.

En 1922, la comunidad científica siguió de cerca las experiencias del destacado farmacólogo ruso Nikolai Kravkov en el "renacimiento" de los órganos animales y humanos. Dos años más tarde, los periódicos y revistas publicaron ampliamente las últimas investigaciones de Kravkov, presentadas durante una conferencia en Moscú. El público estaba fascinado por el hecho de que los dedos humanos muertos y secos podían "volver a la vida" e incluso hacer crecer sus uñas. Quizás la muerte del líder bolchevique Vladimir Lenin (21 de enero de 1924), quien había desencadenado una campaña nacional para su conmemoración e "inmortalización", amplió la fascinación pública por el trabajo de Kravkov. El furor sobre estas experiencias en la prensa pública fue alimentado por la repentina muerte de Kravkov a mediados de abril, pocas semanas después de su visita a Moscú.¹

Las experiencias literarias y fisiológicas con cabezas cortadas se derivan de una atmósfera particular, el medio cultural de Rusia a mediados de la década de 1920, que al mismo tiempo estaba impregnada de una muerte omnipresente y grandes esperanzas para el futuro. La década de 1914 hasta el año 1923 en Rusia fue un reinado de muerte. Desde el comienzo de la Primera Guerra Mundial en el verano de 1914, hasta mediados de la década de 1920, Rusia experimentó una catástrofe demográfica sin precedentes. Como resumen, en solo una década, murieron entre quince y veinte millones de personas de una población de 140 millones.

La muerte se convirtió en un objeto de investigación no solo para los especialistas médicos, durante la década de 1920 aparecieron decenas de libros, folletos y panfletos (por no mencionar numerosos artículos en revistas profesionales), con títulos como "vida y muerte", "Qué es la muerte", "La muerte desde el punto de vista de la ciencia moderna", "Envejecimiento y muerte", "Los problemas de la muerte y la inmortalidad", "La muerte y la resurrección". Prácticamente todos los biólogos rusos publicaron un trabajo sobre la muerte.

La muerte ocupó un lugar destacado en la investigación de bioquímicos, histólogos, fisiólogos, citólogos, morfológicos, zoólogos y anatomistas.¹ En 1924, una renombrada patóloga, Georgii Shor, incluso sugirió que se instituyera una disciplina especial sobre la muerte. Llamó a esta disciplina "tanatología" por el dios griego de la muerte, Thanatos. El origen de la circulación extracorpórea fue una unión de las tres "artes": literatura, ficción y ciencia.

En el año 1925, Aleksandr Beliaev, un escritor, publicó una "fantástica historia científica" titulada: "El cabeza del profesor Dowell". La historia se convirtió en un éxito inmediato: retrataba los dolores de una cabeza humana viviendo en un laboratorio, apoyada por máquinas especiales. En unos pocos meses, la gran idea "científica y fantástica" de la historia de Beliaev se hizo realidad. En el otoño de 1925, un joven médico, Sergei Brukhonenko, anunció en un congreso de patólogos rusos que había logrado resucitar a un perro y describió un dispositivo especial que había planeado mantener viva la cabeza del animal. Siguiendo las fórmulas simplistas de "vida que imita el arte" y "arte que imita la vida", algunos observadores argumentaron que la historia de Beliaev precipitó la investigación de Brukhonenko, mientras que otros insistieron en que esta investigación inspiró la experiencia literaria.¹

La historia de Aleksandr Beliaev (1884-1942), tiene lugar en una ciudad no identificada en los Estados Unidos. Comienza con la reunión entre el profesor Kern y una reciente graduada médica, Miss Adams, que está buscando trabajo desesperadamente. Kern le ofrece a Miss Adams una posición como su asistente. Pero tiene una condición: debe ser "tonto como un pez" y no debe hablar con nadie sobre cualquier cosa que vea o escuche en el laboratorio de Kern. La señorita Adams está confundida y, en un recorrido por el laboratorio, descubre el motivo de la insistencia de Kern en mantener el secreto.¹

“La señorita Adams volvió la cabeza y, de repente, vio algo que la hizo estremecerse como una descarga eléctrica. Una cabeza humana la miraba, una cabeza sola, sin cuerpo. Estaba montado en una plataforma cuadrada hecha de vidrio y sostenida por cuatro pies largos. Desde su cuello cortado, a través de los agujeros en el vidrio, se conectaron dos tubos en tanques. Un tercer tubo más grueso salió de la garganta de la cabeza y se conectó en un cilindro grande. Los tanques y el cilindro tenían válvulas, medidores, termómetros y otros instrumentos desconocidos. La cabeza miró a la señorita Adams con cuidado y tristeza, parpadeando. No había duda, la cabeza estaba viva, separada de su cuerpo, llevaba su propia existencia separada y consciente. . . El pensamiento humano vivo brilló en sus ojos ”.¹

A pesar de la profunda conmoción, la señorita Adams cree que reconoce la cabeza. Se parece mucho a la cabeza del profesor Dowell, un destacado científico y cirujano "conocido por sus experimentos sobre el renacimiento de órganos separados de cadáveres frescos", a cuyas conferencias públicas asistió la señorita Adams durante sus estudios en la escuela de medicina. Kern confirma su impresión, la cabeza, de hecho, pertenece al profesor y colega de Kern, el profesor Dowell, quien sucumbió a "una enfermedad aún incurable". A su voluntad, Dowell había donado su cuerpo para "experimentos científicos" y había seguido sus deseos. Kern explica que los deberes de la señorita Adams en su laboratorio serán cuidar la cabeza de Dowell. Kern le muestra cómo operar la maquinaria que lleva la cabeza, pero le prohíbe severamente que toque una válvula en el cilindro grande, advirtiéndole que seguramente matará la cabeza.

Después de unas pocas semanas en el laboratorio, la señorita Adams y su cabeza hicieron una especie de comunicación simple, y su cabeza repetidamente le dice a la señorita Adams que abra la válvula en el cilindro grande. Con el tiempo, profundamente conmovida por lo que ella percibe como un sufrimiento terrible, cede a los deseos de su cabeza y abre la válvula. Como resultado, tu acción no mata tu cabeza, ¡sino que te da una voz! El cilindro contiene aire comprimido que, soplando a través de la garganta de la cabeza, le permite hablar. Ella comienza a sospechar que, en lugar de ayudar a su maestra, Kern en realidad asesinó a Dowell con una inyección letal de morfina. La señorita Adams está indignada y quiere exponer a Kern. Pero la cabeza te ruega que no hagas eso. La exposición no haría que Dowell volviera a la normalidad.

Todo lo que quiere es continuar la investigación, lo cual sería imposible si Kern estuviera expuesto.

En preparación para una actuación pública, un torbellino de rabia y odio, almacenado durante mucho tiempo, lleva a la señorita Adams al podio. Ella grita que Kern mató a Dowell y torturó la cabeza "viva" de Dowell para continuar su investigación. Kern anuncia con calma que la señorita Adams sufre de delirios, que se toman y se colocan en una institución psiquiátrica. A los pocos meses, el hijo del profesor Dowell, Arthur, que había vivido en Inglaterra, regresa a Estados Unidos. Su regreso es alertado por informes de prensa en el incidente de la explosión de la señorita Adams durante la demostración de Kern. Arthur conoce a la señorita Adams y organiza su liberación de la institución mental. Juntos convencen a las autoridades para que revisen el laboratorio de Kern. Encuentran la cabeza de Dowell en una forma terrible. Pero antes de que la cabeza finalmente expire, confirma los cargos de la policía y Kern fue arrestado. Fin de la historia.¹

La cabeza cortada pero "resucitada" por "medios científicos" había figurado prominentemente en la ciencia y la ficción durante algún tiempo. De hecho, la idea de que una cabeza cortada podría mantenerse con vida mediante el suministro de sangre se remonta al menos a principios del siglo XIX y se asocia comúnmente con el fisiólogo francés Julien Jean César Legallois.¹ Sugirió que la vitalidad de una parte del cuerpo se podría preservar a través de la circulación artificial en el año 1812, pero fracasó en sus intentos de perfundir conejos decapitados inyectando sangre arterial debido a la coagulación.³ El problema de prevenir de manera segura la coagulación sanguínea se resolvió con el descubrimiento de la heparina.

En el desarrollo de la máquina artificial de corazón-pulmón para el bypass cardiopulmonar, el profesor Sergei Sergeevich Brukhonenko (1890-1960), abordó un problema de circulación artificial en 1923 mientras estudiaba el medicamento suramin (Bayer 205, Germanin, Nagonal), en el Instituto Estatal de Química y Farmacología de Moscú. Al descubrir que esta droga era capaz de producir una "hemofilia artificial", comenzó a usarla como anticoagulante en transfusiones de sangre.⁴

Casi inmediatamente después de graduarse de la Escuela de Medicina de la Universidad de Moscú en la primavera de 1914, Brukhonenko fue reclutado en el ejército y se desempeñó como médico en un regimiento de infantería, lo

que le permitió experimentar de primera mano la horrenda máquina de matar de la Primera Guerra Mundial. Según sus memorias, fue durante su trabajo en el hospital cuando se le ocurrió la idea de usar una cabeza cortada para investigar las fiebres altas que acompañan al tífus. También parece bastante probable que el director del hospital, uno de los pioneros en el desarrollo de técnicas de "resurrección", Fedor Andreev, alentó activamente el interés de Brukhonenko en experimentos con cabezas separadas. En 1922, Brukhonenko abandonó la práctica médica y se convirtió en investigador a tiempo completo en el recientemente establecido Instituto Químico-Farmacéutico.¹

El 18 de septiembre de 1925, el joven médico demostró en el Segundo Congreso de Patólogos Rusos en Moscú una máquina especial, el inventor lo llamó un autojector. Lo había construido para mantener vivas, cabezas de animales cortadas. El dispositivo incluía dos bombas eléctricas, que proporcionaban la sangre cortada de un perro con sangre citrada a través de un sistema de tubo de goma. La cabeza se mantuvo viva durante una hora y cuarenta minutos y exhibió varios reflejos.¹

En 1926, en colaboración con Sergei Chechulin, diseñaron un dispositivo para la "circulación artificial" de animales de sangre caliente. El aparato consistía en dos bombas diafragmáticas, operadas mecánicamente con un sistema de válvulas. Los pulmones extirpados de un animal donante se inflaron rítmicamente y funcionaron como un oxigenador. Una bomba suministró sangre venosa al oxigenador y la otra bombeó sangre a la circulación sistémica del animal. El donante y la sangre animal experimental se trataron con suramina.¹ En su experimento realizado el 1 de noviembre de 1926, el perro fue mantenido vivo durante dos horas por circulación artificial. La función de bombeo del corazón se interrumpió por oclusión de la vena cava inferior y superior y la vena ácigos, y se reemplazó por el autojector. Durante el paro cardíaco, fue posible abrir las cámaras vacías del corazón y, por primera vez en la historia de la cirugía, el cirujano tuvo la oportunidad de manipular las válvulas en un corazón abierto, sin función y bajo visión directa.³

A fines de mayo de 1928, en el Congreso de fisiólogos soviéticos celebrado en Moscú, Brukhonenko presentó cinco informes sobre su investigación. Tres de ellos abordaron temas de importancia crucial para sus experimentos: coagulación y

estabilización de la sangre. El cuarto, complementado por una demostración, describió el uso de su eyector para establecer un sistema de circulación de sangre artificial en un perro. Y este último, presentado en conjunto con Sergei Chechulin, detalló varios experimentos de cabeza de perro mantenidos vivos por el eyector. La noticia de que la cabeza sobrevivió después de haber sido aislada del resto del cuerpo causó una ola de ansiedad entre los laicos en Europa.

El 22 de mayo de 1927, el periódico (Komsomol Truth) publicó un artículo de su corresponsal con un título sensacional: "Cabeza separada del cuerpo, vivir". La cobertura de la prensa, diarios y revistas semanales destacó sus informes como uno de los mayores logros científicos presentados. Varias revistas colocaron la imagen de la cabeza cortada del perro pegada al dispositivo de Brukhonenko en sus cubiertas. Las publicaciones académicas fueron tan entusiastas como la prensa popular.¹

El 13 de octubre de 1928, un seminario pro-soviético, editado por Henry Barbusse, dedicó una página completa a uno de los artículos de Brukhonenko, con fotografías de la cabeza de un perro pegada al detector automático.

En enero de 1929, uno de los artículos de Brukhonenko apareció en una popular revista alemana. El mes siguiente, los informes sobre su trabajo se publicaron en revistas populares de todo el mundo. En diciembre de 1928, recibió una indignada carta de Konrad Mass, un escritor y alcalde alemán de una pequeña ciudad (Schwerin), quien condenó su investigación como abominable y diabólica. A mediados de marzo de 1929, el New York Times publicó una carta escrita por el destacado dramaturgo irlandés y el ardiente anti-viviseccionista, George Bernard Shaw. La carta fue escrita para responder a un corresponsal anónimo, que había pedido la opinión de Shaw sobre los experimentos de Brukhonenko. Shaw consideró estas experiencias "terriblemente interesantes". Sin quererlo, Shaw enfrentó una situación no muy diferente a la descrita en la novela de Beliaev. Con su ingenio característico, Shaw estudió detenidamente las maravillosas posibilidades que el trabajo de Brukhonenko parecía ofrecer: "Estoy muy tentado de cortarme la cabeza para poder seguir dictando obras de teatro y libros, sin importar ninguna enfermedad, sin tener que vestirme" desnudarse, comer o hacer cualquier cosa solo para producir obras maestras del arte dramático y la literatura".¹

Entre 1920 y 1930, el cirujano ruso Nikolai Terebinski realizó

experimentos con una derivación cardiopulmonar exitosa en animales. Desafortunadamente, el aislamiento de la sociedad soviética impidió que Terebinski y otros científicos presentaran sus hallazgos a una audiencia internacional.⁴ Se ha descrito en detalle y se ha considerado como un "dispositivo absolutamente nuevo y nunca antes utilizado que reproduce mecánicamente las funciones básicas de un organismo".¹

En experimentos realizados entre 1929 y 1937, se crearon varios defectos de las válvulas cardíacas bajo visión directa, en la mayoría de estas operaciones la función de bombeo del corazón se suspendió durante hasta 5 minutos. Cada vez que se excedía este límite de tiempo, el suministro de sangre al corazón se restauraba durante unos minutos, reabriendo la vena cava superior para restaurar la contractilidad, un procedimiento que inevitablemente involucraba sangrado severo.⁵ En experimentos realizados, se realizaron 298 operaciones cardíacas: 216 implicaron abrir el corazón y crear estenosis o insuficiencia de la válvula auriculoventricular por diversos medios bajo control directo. La mortalidad operatoria por la formación de defectos en la válvula tricúspide y la válvula mitral fue de 34% y 52%, respectivamente.⁴

En 1931, Brukhonenko realizó experimentos con hipotermia profunda utilizando el eyector. Los perros se enfriaron a 3°C con el consiguiente paro cardíaco, después del recalentamiento, se produjo el restablecimiento de la función cardíaca normal y se logró la supervivencia de los perros. Brukhonenko solicitó una patente para su "dispositivo para circulación artificial" en Rusia el 29 de noviembre de 1928, y el 15 de diciembre de 1934 se emitió la patente. En 1929, el dispositivo fue patentado en Alemania e Inglaterra y en 1930 en Francia.³

En 1939, doce de los trece animales experimentales fueron resucitados utilizando la máquina artificial de corazón-pulmón después de diez minutos de paro circulatorio. Todos los perros se han recuperado completamente sin ningún daño neurológico. Terebinski y Brukhonenko estaban ansiosos por aplicar la máquina clínicamente a los humanos. Para 1941, la máquina era lo suficientemente segura y confiable para la aplicación clínica. Sin embargo, la Segunda Guerra Mundial interrumpió su trabajo.³ En la última oración de su monografía, Terebinski escribe: "Los métodos que he descrito no son completos ni perfectos y requieren un desarrollo y una mejora adicionales para hacer que el enfoque del corazón sea menos

peligroso para que luego pueda realizar estas operaciones en defectos cardíacos humanos".⁴

En 1960, Probert y Melrose concluyeron su artículo sobre la máquina de Brukhonenko de la siguiente manera: "El trabajo de Brukhonenko demostró las dificultades de la perfusión total y contribuyó en gran medida a resolverlos. Su técnica para excluir el corazón del animal de la circulación era burda, pero se reconoció como un método para lograr un paro cardíaco planificado. Sus escritos fueron claros y precisos en su insistencia profética de que este trabajo inicial era aplicable a las necesidades clínicas del hombre".³

Los científicos soviéticos creían que todo era posible con la influencia humana sobre la naturaleza. Esta cosmovisión tuvo una influencia crucial en Vladimir Petrovich Demikhov, y probablemente contribuyó al origen de su idea de crear el primer corazón artificial total del mundo.⁵ En ese momento, el grupo de Nikiforovsky estaba trabajando en el sistema nervioso central de los mamíferos, incluyendo hasta ahora experimentos secretos en organismos revitalizantes.⁶

En sus experimentos sobre perfusión artificial en animales, Brukhonenko dejó de inflar los pulmones del animal experimental y excluyó su corazón de la circulación por medios mecánicos. En tres de estos experimentos, cuando detuvo la infusión y reanudó la inflación pulmonar, pudo restablecer un latido del corazón temporalmente efectivo. También señaló que el enfriamiento de la sangre en el circuito extracorpóreo redujo la temperatura del animal perfundido y para revertirlo, se rodearon algunos tubos de la máquina con agua tibia. En un artículo enviado para publicación el 11 de octubre de 1928, usó estas palabras: "Este método adecuadamente perfeccionado sería útil en medicina clínica, especialmente en casos en los que sería esencial reemplazar el trabajo del corazón humano que falla durante un tiempo. Sin profundizar más en esta pregunta, podemos afirmar, como resultado del presente trabajo, que, en principio, la circulación artificial es aplicable al hombre no solo clínicamente, sino también a ciertas operaciones del corazón". Su resumen concluye: "Resolver el problema de la circulación artificial abre la puerta a las operaciones en el corazón, por ejemplo, en sus válvulas".⁷

Los primeros experimentos de Brukhonenko apuntaron a examinar la posibilidad de mantener viva la cabeza de un

perro cortado, investigar ciertos mecanismos fisiológicos, inicialmente la regulación de la temperatura corporal. Su informe de 1925 que indica que esto era realmente posible fue mal recibido por la comunidad científica y completamente ignorado por el público en general. En el siguiente paso, después de perfeccionar su técnica, comenzó a explorar innumerables nuevas posibilidades que esta técnica abrió. Reacciones a diversas preparaciones introducidas en la sangre y los efectos de "muerte y resurrección" en el cerebro. Fueron exactamente estas nuevas posibilidades las que entusiasmaron tanto a la comunidad científica y despertaron un gran interés en su trabajo.¹

La comunidad científica soviética, al igual que la sociedad soviética en general, parecía absolutamente imperturbable. El público soviético estaba emocionado en vez de consternado por las cabezas de perros cortadas por los dispositivos "revolucionarios", que los miraban desde las portadas de revistas populares. Ninguno de las docenas de artículos dedicados a los experimentos de Brukhonenko, publicados en la prensa popular y académica de 1926 a 1929, mencionaron sus posibles implicaciones éticas. Se puede sugerir que la "década de la muerte" insensibilizó al público soviético ante las cuestiones éticas de la experimentación biomédica animal.

En el ojo público, "la ciencia que conquista la muerte", como los experimentos de Brukhonenko, fue etiquetada en la prensa popular, fue indiscutiblemente moral. Optar contra esta ciencia en algún punto ético parecía impensable. De hecho, los comentaristas soviéticos rechazaron los intentos de criticar la investigación con cabezas separadas por "razones morales". En la primavera de 1929, por ejemplo, Evening Moscow exhibió un pequeño folleto titulado "Perros y humanos". El folleto citaba una carta recibida por el Comisariado Popular de la Ilustración (la agencia estatal encargada de la ciencia y la educación) y la Sociedad de Frankfurt para la Protección de los Animales, de Von Artus, quien expresó su indignación por el trato inhumano de los perros en la investigación de Brukhonenko: "Los experimentos del Dr. Brukhonenko son obras del diablo y los que realizan tales experimentos son los sirvientes del infierno". Feuilleton sugirió sarcásticamente que: "El Sr. Von Artus está tan preocupado por el destino del perro sin cabeza, que debe ofrecer su propia cabeza para experimentos de tejido cerebral, si por supuesto, realmente

cree que este tejido útil está realmente presente bajo su cráneo".¹

A finales de 1937, Demikhov —de 21 años de edad—, construyó de forma independiente un "corazón mecánico" en el laboratorio de Nikiforovsky y lo probó en un perro a principios de 1938. La muerte del perro se confirmó (a través de ligadura de la arteria coronaria). Doce minutos más tarde, el dispositivo de reemplazo del corazón fue encendido y puesto en marcha por un motor eléctrico. Dentro de los dieciséis minutos con el dispositivo encendido, el perro comenzó a mostrar signos de vida.⁶

Su monografía "Experimental Vital Organ Transplantation", describe más detalles sobre sus experimentos de 1938. El dispositivo fue construido para el tamaño del corazón nativo y consistía en dos bombas diafragmáticas adyacentes, que realizan funciones de ambos ventrículos cardíacos. Cánulas venosas conectadas a la zona auricular y cánulas aórticas y arterias pulmonares principales: "Dado el hecho de que en condiciones nativas el corazón representa esencialmente una bomba de fuerza viva que circula sangre por todo el cuerpo, se nos ocurrió una idea para reemplazar el corazón por un dispositivo mecánico".⁶

Aunque Demikhov nunca abandonó realmente el trabajo en su corazón artificial y continuó refinándolo en Moscú, los detalles de su trabajo siguen siendo desconocidos. En ese momento, Demikhov vio el corazón artificial como un medio para realizar un trasplante de corazón. El libro de Demikhov escrito en 1960 es una rareza bibliográfica.⁶

Las reacciones a experimentos reales y literarios con cabezas cortadas parecen indicar que los científicos, los funcionarios estatales y el público en la década de 1920 de Rusia creían firmemente en la bondad de la ciencia. Aparentemente suscribieron la opinión de que la ciencia misma estaba libre de valores. Era una sociedad particular que daba a la ciencia y sus aplicaciones un valor moral y emitía un juicio ético sobre esfuerzos científicos concretos: en una sociedad inmoral, la ciencia sería inmoral, mientras que en una sociedad moral la ciencia se volvería "automáticamente" moral. La noción de ciencia sin valor explica por qué los bolcheviques no tuvieron reparos en importar ciencia y tecnología capitalistas en particular, en su propia tierra socialista y encajan bien con

la observación de Lenin: "Absorber todo lo que es valioso en la ciencia europea y estadounidense es nuestra primera y principal tarea".¹

El desarrollo del bypass cardiopulmonar, que permite la cirugía a corazón abierto, es uno de los avances más importantes en medicina en el siglo XX. Este concepto fue sugerido y explorado en animales durante el siglo XIX, pero muchos descubrimientos científicos y técnicos fueron necesarios antes de poder alcanzar su uso clínico.⁸

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kremontsov N. Off with your heads: isolated organs in early Soviet science and fiction. *Stud Hist Philos Sci Part C Stud Hist Philos Biol Biomed Sci.* 2009;40(2):87–100.
2. Lim MW. The history of extracorporeal oxygenators. *Anaesthesia.* 2006;61(10):984–95.
3. Konstantinov IE, Alexi-Meskishvili V V. Sergei S. Brukhonenko: The

development of the first heart-lung machine for total body perfusion. *Ann Thorac Surg.* 2000;69(3):962–6.

4. Alexi-Meskishvili V V, Potapov E V, Beyer EAK, Hetzer R. Nikolai Terebinski: A pioneer of the open valve operation. *Ann Thorac Surg.* 1998;66(4):1440–3.

5. Glyantsev SP, Tchantchaleishvili V, Bockeria LA. Demikhov's "Mechanical Heart." *ASAIO J* [Internet]. 2016;62(1):106–9. Available from: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landi ngpage&an=00002480-201601000-00019>

6. Glyantsev SP, Tchantchaleishvili V, Bockeria LA. Demikhov's "Mechanical Heart." *ASAIO J.* 2016;62(1):106–9.

7. Probert WR MD. An Early Russian Heart-Lung Machine. *BMJ.* 1960;1:1047–8.

8. Hessel EA. History of cardiopulmonary bypass (CPB). *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* [Internet]. 2015;29(2):99–111. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bpa.2015.04.006>

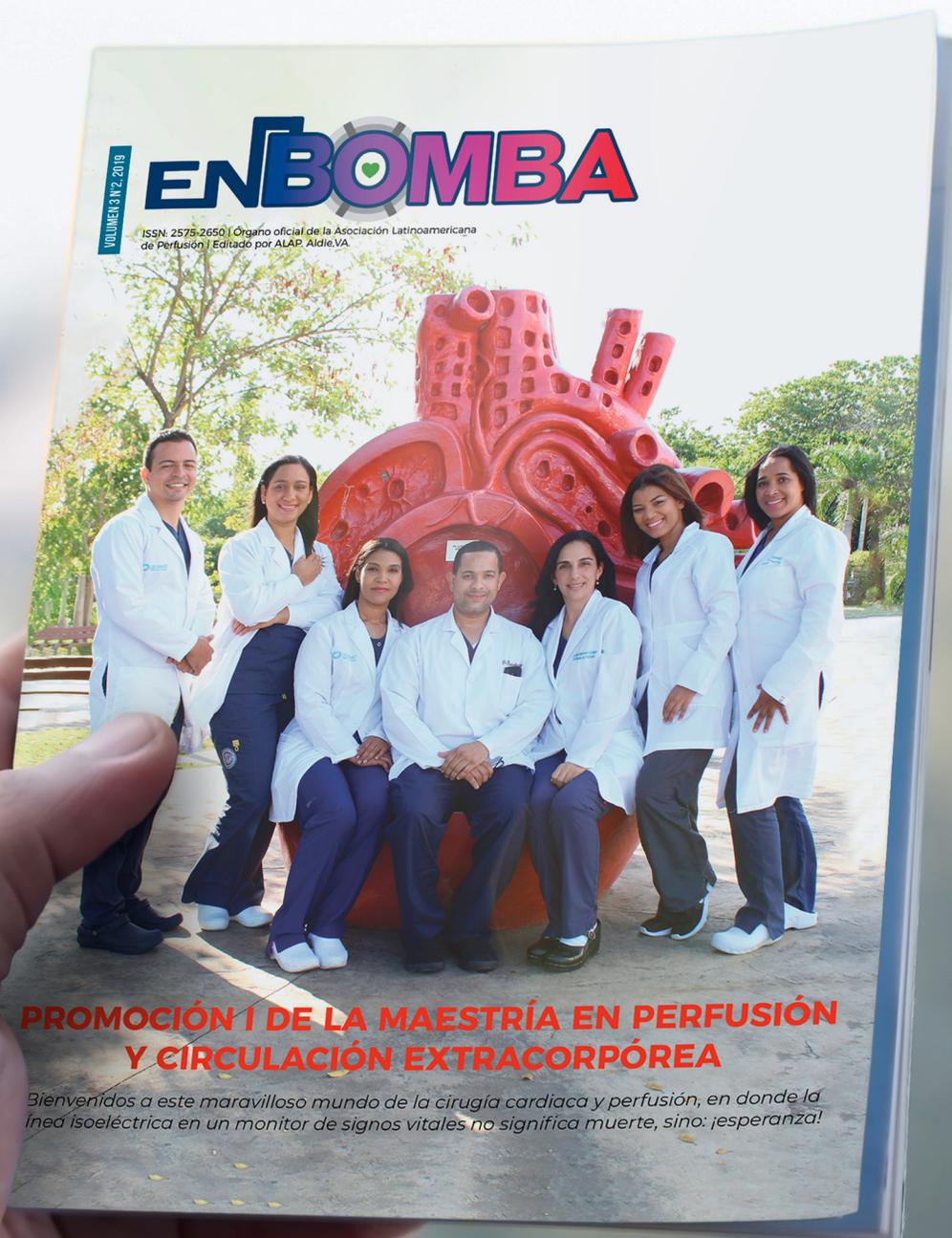
Fecha de recepción: 5/12/2019

Fecha de aceptación: 18/01/2020

TE INVITAMOS A PUBLICAR

TUS INVESTIGACIONES Y EXPERIENCIAS

Envíanos tu manuscrito a editor@asociacionalap.com



PERF. JUAN BLANCO¹, PERF. ALEXEI SUÁREZ².

1. Hospital Virgen de Arrixaca. Murcia, España.

2. Cardiocentro Manta. Manta, Ecuador.

PREGUNTAS

1. SELECCIONE CUÁLES DE LOS SIGUIENTES BROTES DE ENFERMEDAD RESPIRATORIA SEVERA HAN SIDO OCASIONADOS POR CORONAVIRUS.

- a. Síndrome Respiratorio Agudo Severo de Guangdong (2002).
- b. Influenza Porcina brote (2009-2010).
- c. Síndrome Respiratorio del Medio Oriente (Arabia Saudita 2012).
- d. Síndrome Respiratorio Agudo Severo de Wuhan (2019).

2. EL VIRUS CONOCIDO COMO SARS-COV2 PUEDE TRANSMITIRSE A TRAVÉS DE:

- a. La inhalación de microgotas provenientes de pacientes contaminados.
- b. El contacto con objetos contaminados por microgotas o con sedimento viral proveniente del depósito de partículas de pequeño tamaño.
- c. La presencia sin protección en habitaciones donde se realicen o se hayan realizado recientemente procedimientos que generen aerosoles en pacientes contaminados.
- d. El contacto o la manipulación sin protección de fluidos provenientes de pacientes contaminados.
- e. Todos los anteriores.

3. MARQUE COMO VERDADERA O FALSA LAS SIGUIENTES AFIRMACIONES:

- a. El hisopado oro-faríngeo es la muestra más efectiva para diagnóstico efectivo del virus en cualquier estadio de la enfermedad.
- b. El lavado bronco-alveolar es la muestra en la que con mayor frecuencia puede aislarse el virus.
- c. En pacientes con muestras de hisopado oro-faríngeo y rectal negativos no es probable encontrar presencia de virus en sangre.
- d. El comportamiento de la presencia viral en las muestras de: hisopados orales, rectales, sangre, heces fecales, muestra un comportamiento estable durante la evolución clínica del paciente en el tiempo.

4. EL SARS-COV2 PUEDE PERMANECER SUSPENDIDO EN AEROSOL HASTA POR:

- a. 24 h.
- b. 8 h.
- c. 3 h.
- d. Indefinidamente.

5. SOBRE LA GENERACIÓN DE AEROSOL Y MICROGOTAS DURANTE EL ESTORNUDO, LA TOS O EL HABLA SELECCIONE LA RESPUESTA CORRECTA:

- a. El tamaño, la velocidad y la distancia que alcanzan depende de factores ambientales como la humedad y la temperatura.
- b. Las microgotas de mayor tamaño viajan a una mayor velocidad con lo que logran alcanzar mayor distancia.
- c. Se conoce que la distancia máxima que pueden alcanzar las microgotas durante un estornudo en una persona sana es de alrededor de dos metros.

6. DE LAS SIGUIENTES MEDIDAS PROPUESTAS CUAL CONSIDERAS ES LA MÁS EFICIENTE PARA REDUCIR LA PERMANENCIA DE AEROSOL SUSPENDIDOS EN EL AIRE DENTRO DE LAS HABITACIONES DE LOS PACIENTES.

- a. El uso de mascarillas por parte del paciente y personal sanitario.
- b. Permitir la entrada de luz solar a la habitación.
- c. La implementación de políticas adecuadas de descontaminación de superficies al menos dos veces cada día.
- d. Implementar sistemas de ventilación tanto naturales como artificiales que involucren un alto recambio del volumen de aire dentro de la habitación.

7. EXISTE RIESGO DE AEROSOLIZACIÓN DURANTE:

- a. Intubación endotraqueal

- b. Cauterización con el electrobisturí
- c. Uso de hemoconcentrador
- d. Uso de bomba centrífuga
- c. Oxigenación extracorpórea a través de membranas de polipropileno y polimetilpenteno
- d. Todas son ciertas

8. ES IMPROBABLE QUE LA TRANSMISIÓN DE COVID 19 SE PRODUZCA:

- a. A través de inhalación de micro-partículas en suspensión dos horas después de una intubación endotraqueal
- b. Por reutilización de una mascarilla tras 24h de reposo
- c. Si se emplea un EPI certificado de protección integral de manera correcta y se mantienen las medidas protectivas propuestas en base a evidencia científica
- d. Si se reacondicionan las gafas protectoras y/o pantallas empleando soluciones de clorina (hipoclorito sódico) después de cada uso.

9. EXISTE EVIDENCIA DE QUE:

- a. El uso de EPI's más ligeros no comprometen la bioseguridad del trabajador frente a aquellos menos transpirables, por lo que se recomiendan al favorecer la comodidad
- b. El entrenamiento activo en medidas como la puesta de EPI favorece el cumplimiento de las medidas correctas.
- c. Siempre que se emplea un EPI en un tratamiento de pacientes COVID se contamina, por lo que resulta imprescindible como barrera ante la enfermedad
- d. Las mascarillas de tela pueden usarse por fuera de una mascarilla certificada para aumentar su durabilidad.

10. EN CUANTO A LA ASPIRACIÓN DEL GAS EXPIRADO POR LA MEMBRANA DEL OXIGENADOR:

- a. No se recomienda realizar nunca porque daña la membrana y dificulta el intercambio gaseoso
- b. Cuenta con un elevado nivel de recomendación por consenso de expertos si se emplean gases anestésicos, y al menos un fabricante recomienda su aplicación conjunta con el uso de EPI integral para proteger al perfusionista en caso de tratamiento con pacientes COVID.
- c. Se recomienda su aplicación de manera "no colapsable" o con "efecto venturi" a -10mmHg intercalando un reservorio para contener la condensación.

Respuestas:

- 1: A,C,D
- 2: E
- 3:A(F),B(V),C(F),D(F)
- 4: D
- 5: A
- 6:C
- 7:D
- 8: C
- 9: C
- 10: B y C

NORMAS DE PUBLICACIÓN

La revista En Bomba es una revista digital internacional dedicada a la publicación de artículos científicos y de opinión dentro del campo de la circulación extracorpórea, la cirugía cardiovascular y los cuidados intensivos.

Es una publicación oficial de la Asociación Latinoamericana de Perfusión (ALAP). Publica artículos en idioma español e inglés. Con una frecuencia de tres números por año en las secciones de artículo editorial, artículos originales, artículos de revisión, caso clínico, artículo de opinión, imágenes, cartas al editor y test En Bomba.

En Bomba publica sus contenidos a texto completo en la siguiente dirección electrónica: <https://www.revistaenbombaalap.org> En Bomba es una revista que sigue el principio de acceso libre a todos los contenidos publicados en ella.

Todas las contribuciones originales serán evaluadas antes de ser aceptadas, por revisores expertos designados por los editores. El envío de un artículo a la revista implica que es original y que no ha sido previamente publicado ni está siendo evaluado para su publicación en otra revista. Los artículos editoriales y artículos de revisión se publicarán solo previa solicitud por parte del Editor.

Los trabajos admitidos para publicación quedan en propiedad de ALAP y su reproducción total o parcial deberá ser convenientemente autorizada. El autor de correspondencia deberá cumplimentar la carta de cesión de estos derechos una vez que el artículo haya sido aceptado.

Envío de manuscritos

Los manuscritos para En Bomba se enviarán a través de la página web www.asociacionalap.com en la pestaña Revista En Bomba. Para enviar un manuscrito solo tiene que entrar en dicha página y seguir las instrucciones de la pantalla. En caso de duda, ponerse en contacto con la siguiente dirección editor@asociacionalap.com

Responsabilidades éticas

Los autores firmantes de los artículos aceptan la responsabilidad definida por el Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas (www.icmje.org).

Los trabajos que se envían para su evaluación, deben haberse elaborado respetando las recomendaciones internacionales sobre investigación clínica:

(Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial revisada recientemente): [<https://www.wma.net/es/politicas-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-et>]

[cos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/\) y con animales de laboratorio de la Sociedad Americana de Fisiología, disponible en <http://www.the-aps.org/mm/Science-Policy/AnimalResearch/Animal-Research-Intro>](http://www.the-aps.org/mm/Science-Policy/AnimalResearch/Animal-Research-Intro)

Los estudios aleatorizados deberán seguir las normas CONSORT 2010 disponibles en:

http://www.consort-statement.org/Media/Default/Downloads/Translations/Spanish_es/Spanish%20CONSORT%20Statement.pdf

Autoría

En Bomba se adhiere a los criterios de autoría de los artículos científicos definidos por el Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, por los que todo autor ha de cumplir cada una de las siguientes características:

- Contribuir sustancialmente a la concepción y el diseño, adquisición de datos, o su análisis e interpretación.
- Redactar el artículo o hacer una revisión crítica de su contenido intelectual.
- Dar la aprobación final a la versión que se publicará.
- Acceder a asumir responsabilidades sobre todos los aspectos del artículo y a investigar y resolver cualquier cuestión relacionada con la exactitud y veracidad de cualquier parte del trabajo.

Consentimiento informado

Si se reproducen fotografías o datos de pacientes, éstos no deben ser identificativos del sujeto. En todos los casos, los autores deben haber obtenido el consentimiento informado escrito del paciente que autorice su publicación, reproducción y divulgación en soporte papel y en Internet en la revista En Bomba.

Asimismo, los autores son responsables de obtener los oportunos permisos para reproducir en la revista material (texto, tablas o figuras) publicado previamente. Estos permisos deben solicitarse tanto al autor como a la editorial que ha publicado dicho material.

Conflicto de intereses

Cada uno de los autores deberá cumplimentar el documento específico del conflicto de intereses disponible en la pestaña de: Revista En Bomba bajo el título: Formulario conflicto de interés.

Protección de datos

Los datos de carácter personal que se solicitan, van a ser tratados en un fichero automatizado del que es titular ALAP

con la finalidad de gestionar la publicación del artículo redactado por Ud. en la revista.

Salvo que indique lo contrario, al enviar el artículo Ud. autoriza expresamente que sus datos relativos a nombre, apellidos, dirección profesional y correo electrónico sean publicados en la revista En Bomba, así como en la página web de la revista, con la finalidad de que se conozca la autoría del artículo y de que los lectores se puedan comunicar.

Instrucciones para los autores

Se considerarán para publicación los artículos sobre metodología de estudios que cumplan con las siguientes normas:

- Estudio prospectivo aleatorizado doble ciego (o ciego en casos concretos éticos o irrefutables).
- Disponer del consentimiento del Comité Ético y de Investigación de la Institución.
- Disponer del consentimiento firmado del paciente.
- Acreditar financiación para su ejecución.

Todos los manuscritos se adecuarán a las normas de publicación.

Se entiende que el autor de correspondencia de la publicación, se responsabiliza de la normativa y que el resto de los autores conoce, participa y está de acuerdo con el contenido del manuscrito.

1. Artículos originales:

Presentación del documento

El manuscrito se redactará en letra arial tamaño 10 a doble espacio, con márgenes de 2,5 cm y páginas numeradas. Tiene una extensión máxima de 5000 palabras, contando desde la página frontal hasta el final y excluyendo únicamente las tablas.

Consta de dos documentos: primera página y manuscrito. El manuscrito sigue el siguiente orden: a) resumen estructurado en español y palabras clave; b) resumen estructurado en inglés y palabras clave; c) cuadro de abreviaturas en español e inglés; d) texto; e) bibliografía; f) pies de figuras; g) tablas (opcional), y h) figuras (opcional).

Primera página

- Título completo en español e inglés (menos de 150 caracteres incluyendo espacios).
- Nombre y apellido de los autores.
- Centro de procedencia (departamento, institución, ciudad y país) y fuente de financiación, en su caso.
- Dirección postal completa del autor a quien debe dirigirse la correspondencia, teléfono, fax y dirección electrónica.
- Se especificará el número total de palabras del manuscrito (excluyendo únicamente las tablas).

Resumen estructurado

El resumen, con una extensión máxima de 250 palabras, estará estructurado en cuatro apartados: a) Introducción y objetivos; b) Métodos; c) Resultados, y d) Conclusiones. Debe ser comprensible por sí mismo y no debe contener citas bibliográficas.

No se aceptarán abreviaturas, excepto las unidades de medidas. Se aceptarán acrónimos de nombres de estudios, ensayos, registros y escalas sin desarrollar la primera vez, siempre y cuando estén ampliamente difundidos en la literatura. Se incluirán al final entre 3 y 10 palabras clave en español y en inglés. Para las palabras clave se sugiere el uso de términos establecidos descritos en los Descriptores en Ciencias de Salud, DeCS para el idioma español (disponible en: <http://decs.bvsa-lud.org/>) y los Medical Subject Headings, MeSH (para el idioma inglés disponible en: <https://www.nlm.nih.gov/mesh/>). Se incluirá traducción al inglés del resumen y de las palabras clave, con idéntica estructuración.

Texto

Constará de los siguientes apartados: a) Introducción; b) Métodos; c) Resultados; d) Discusión, y e) Conclusiones, cada uno de ellos adecuadamente encabezado. Se utilizarán subapartados adecuadamente titulados para organizar cada uno de los apartados.

Se utilizarán un máximo de 6 abreviaturas, que serán convenientemente explicadas en forma de cuadro. Deberá remitirse la traducción de este cuadro al inglés.

Los agradecimientos figurarán al final del texto.

Bibliografía

Las referencias bibliográficas se citarán en secuencia numérica, en formato superíndice, de acuerdo con su orden de aparición en el texto. Se emplearán números arábigos preferiblemente al final de la oración después del signo de puntuación. En el caso de que se citen secuencias consecutivas de referencias, no será necesario incluirlas todas ej. (se citan: 1, 2, 3, 4 solo sería necesario incluir 1-4); de no ser consecutivas solo se separarán por (“”).

No se incluirán, entre las citas bibliográficas, comunicaciones personales, manuscritos o cualquier dato no publicado. Todo ello, sin embargo, puede estar incluido entre paréntesis, dentro del texto.

El 70% de las referencias bibliográficas deben ser de publicaciones realizadas dentro de los últimos 5 años.

Si se citaran abstracts de menos de 2 años de antigüedad, se les identificará con: [abstract], colocado después del título.

Para la referencia a revistas médicas se utiliza la versión oficial abreviada del título de la revista.

El estilo y puntuación de las referencias sigue el formato sugerido por el International Committee of Medical Journal Editors (Vancouver) que se recomienda en: https://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html.

Por ejemplo:

Revista médica.

Lista de todos los autores. Si el número de autores es superior a seis, se incluirán los seis primeros, añadiendo la partícula latina et al. Ejemplo:

1. González M, Ruiz Ros JA, Pérez-Paredes M, Lozano ML, Giménez DM, Martínez-Corbalán F, et al. Efecto de la administración precoz de pravastatina en los valores de proteína C reactiva y de interleucina 6 en la fase aguda del infarto de miocardio con elevación del segmento ST. *Rev Esp Cardiol.*2004;57:916-23.

Capítulo en libro.

Autores, título del capítulo, editores, título del libro, ciudad, editorial y páginas. Ejemplo:

23. Nabel EG, Nabel GJ. Gene therapy for cardiovascular disease. En: Haber E, editor. *Molecular cardiovascular medicine*. New York: Scientific American; 1995. p. 79-96.

Libro.

Cite las páginas específicas. Ejemplo:

30. Cohn PF. Silent myocardial ischemia and Infarction. 3rd ed. New York: Mansel Dekker; 1993. p. 33.

Material electrónico

Artículo de revista en formato electrónico.

Ejemplo:

Aboud S. Quality improvement initiative in nursing homes: the ANA acts in an advisory role. *Am J Nurs*. [serie en internet]. 2002 Jun [citado 12 Ago 2002];102(6): [aprox. 3 p.]. Disponible en: <http://www.nursingworld.org/AJN/2002/Wawatch.htm>

La bibliografía se remitirá como texto estándar, nunca como notas al pie. No se aceptarán los códigos específicos de los programas de gestión bibliográfica.

Figuras

Las figuras correspondientes a gráficos y dibujos se enviarán en formato TIFF o JPEG preferentemente, con una resolución no inferior a 300 dpi y utilizando el color negro para

líneas y texto. Estarán ordenadas con números arábigos de acuerdo con su orden de aparición en el texto.

Las gráficas, símbolos, letras, etc., serán de tamaño suficiente para poderse identificar claramente al ser reducidas. Los detalles especiales se señalarán con flechas, utilizando para estos y para cualquier otro tipo de símbolos el trazado de máximo contraste respecto a la figura.

En los pies de figuras se identificarán las abreviaturas empleadas, por orden alfabético.

Las figuras no deben incluir datos que permitan conocer la procedencia del trabajo o la identidad del paciente. Las fotografías de personas deben realizarse de manera que no sean identificables (no solo es suficiente el uso de la barra negra sobre los ojos del paciente), o se adjuntará el consentimiento de su uso por parte de la persona fotografiada.

Tablas

Se numerarán con números arábigos de acuerdo con su orden de aparición en el texto.

Cada tabla se escribirá a doble espacio en una hoja aparte, preferiblemente en formato Microsoft Excel u otro que facilite su edición posterior por la revista

Debe incluirse un título en su parte superior y en la parte inferior se deben describir las abreviaturas empleadas por orden alfabético. El contenido es autoexplicativo y los datos que se incluyen no figuran en el texto ni en las figuras.

2. Artículos de revisión:

El manuscrito se redactará en letra arial tamaño 10 a doble espacio, con márgenes de 2,5 cm y páginas numeradas. Tendrá una extensión máxima de 5 000 palabras, contando desde la página frontal hasta el final y excluyendo únicamente las tablas.

Estará conformado por dos documentos: primera página y manuscrito. En la primera página se debe incluir la misma información solicitada en el acápite destinado a los artículos originales. El manuscrito sigue el siguiente orden: a) resumen en español y palabras clave; b) resumen en inglés y palabras clave; c) cuadro de abreviaturas en español e inglés; d) texto; e) bibliografía; f) pies de figuras; g) tablas (opcional), y h) figuras (opcional).

Resumen

El resumen, no es necesario que sea estructurado, tendrá una extensión máxima de 250 palabras, y contendrá en un solo párrafo: Introducción y objetivos, métodos, discusión y conclusiones. Es comprensible por sí mismo y no contiene

citas bibliográficas.

El resto de los acápites se estructurarán de igual manera que en los artículos originales.

3. Casos clínicos:

Los artículos enviados a esta sección tendrán una extensión máxima de 3000 palabras contadas a partir de la página frontal y excluyendo las tablas.

Estará conformado por dos documentos: primera página y manuscrito. En la primera página se debe incluir la misma información solicitada en el acápite destinado a los artículos originales. El manuscrito debe seguir el siguiente orden: a) resumen en español y palabras clave; b) resumen en inglés y palabras clave; c) cuadro de abreviaturas en español e inglés; d) texto; e) bibliografía; f) pies de figuras; g) tablas (opcional), y h) figuras (opcional).

El texto se distribuirá en las siguientes secciones: Introducción, presentación del caso, discusión y conclusiones.

4. Artículo de opinión:

En esta sección se receptorán artículos de opinión o consenso, así como aquellos de índole social o histórico que sean de común interés para la profesión y la región. Los criterios expresados en estos manuscritos no necesariamente reflejan la posición o criterio de la revista, ni de la ALAP.

El manuscrito se redactará en letra arial tamaño 10 a doble espacio, con márgenes de 2,5 cm y páginas numeradas. Tendrá una extensión máxima de 3 000 palabras, contando desde la página frontal hasta el final y excluyendo únicamente las tablas.

Estará conformado por dos documentos: primera página y manuscrito. En la primera página se debe incluir la misma información solicitada en el acápite destinado a los artículos originales. En el manuscrito se incluirá el texto. Los acápites quedan a discreción del autor, no se requiere el envío de resúmenes para estos artículos.

5. Imágenes:

En esta sección se recibirán artículos con imágenes representativas consideradas de interés científico para la profesión.

El envío debe incluir un primer documento donde se incluya la información general, solicitada para los otros artículos, sólo se aceptará un máximo de tres autores.

Se aprobará un máximo de tres imágenes en formato JPG o TIFF, con un tamaño no mayor de 10 MB. En el caso de audiovisuales (video) un fichero digital cuya resolución mínima debe ser de 720 pixeles y una duración de no más de 15 minutos. Se recomienda en formato MPG con un tamaño no mayor de 50 MB.

Las imágenes se enviarán con un texto explicativo de no más de 250 palabras, acompañado de palabras clave en idioma español e inglés. Todas las señalizaciones o marcas en las imágenes deben estar explicadas en el texto.

6. Cartas al editor:

Debe remitirse a este apartado la correspondencia sobre temas editoriales o relacionada con artículos publicados en la Revista. Solo se admitirán para valoración las cartas recibidas en las 8 semanas posteriores a la publicación del artículo de referencia y que no incluyan datos originales. Excepto en los casos que se publique en esta sección por encargo del Comité Editorial de la Revista.

El envío debe hacerse en dos documentos, en la primera debe incluirse la información solicitada sobre los autores y el título en idioma español e inglés, según las normas descrita para los artículos originales, incluyendo un máximo de cuatro autores.

El manuscrito tendrá una extensión máxima de 800 palabras, dos figuras o imágenes y ninguna tabla.

7. Foto de autor

Junto con el respectivo trabajo y sus instrucciones, el autor debe adjuntar una foto personal para ser publicada con su trabajo. Requisitos:

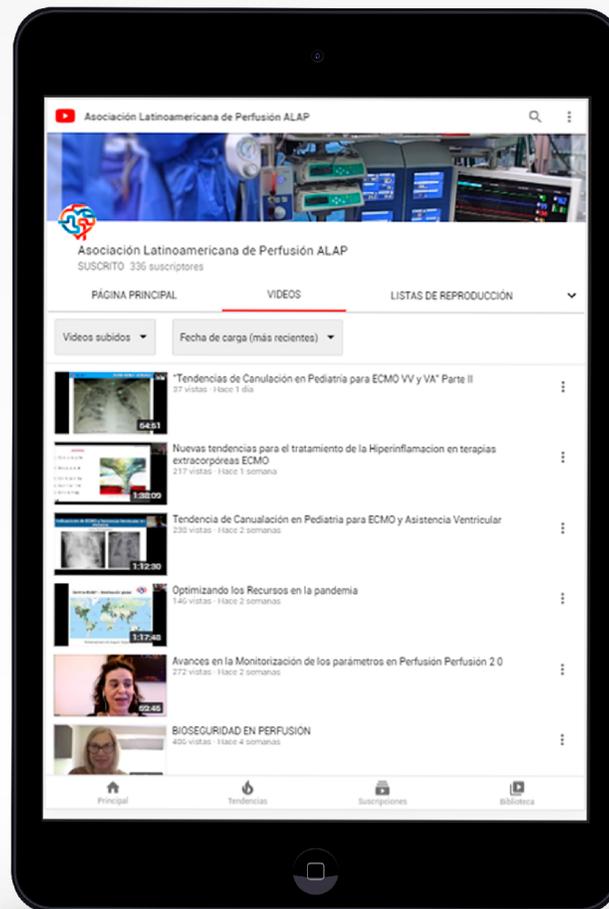
Formato cuadrado JPG
Resolución: 150 DPI
Tamaño referencial:
300 px x 300 px
(10 x 10 cm)

8. Test En Bomba

En esta sección fija de la revista se publicará un cuestionario de tipo test, para ayudar a la formación continuada de los perfusionistas. Las respuestas correctas serán publicadas en el mismo número, en la última página, siguiente junto al nuevo cuestionario.



NUEVOS TIEMPOS NUEVAS HERRAMIENTAS



¡Trabajamos en tu educación continua!