

# 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 BECKFORD<sup>1</sup>, LIC. SANDRA ACOSTA<sup>2</sup>, DR. FRADWIKINGS VARGAS<sup>3</sup>.

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 m<sup>2</sup>, Q2: 0,29-0,39 m<sup>2</sup>, Q3: 0,40-0,53 m<sup>2</sup> y Q4: 0,54-1,21 m<sup>2</sup>) en los que se realizó cirugía cardíaca con cebado sanguíneo del circuito extracorpóreo. Se midieron las variables: pH, pCO<sub>2</sub>, 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), pCO<sub>2</sub> 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 (>0,53m<sup>2</sup>) presentaron adecuado equilibrio ácido básico y electrolítico a los cinco minutos, mientras que aquellos con menor área (<0,53m<sup>2</sup>) 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; (pCO<sub>2</sub>) presión parcial de dióxido de carbono; (CO<sub>2</sub>) 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 m<sup>2</sup>, Q2: 0.29-0.39 m<sup>2</sup>, Q3: 0.40-0.53 m<sup>2</sup> and Q4: 0.54-1.21 m<sup>2</sup>) in which cardiac surgery was performed with blood priming of the extracorporeal circuit. Measure variables were pH, pCO<sub>2</sub>, 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), pCO<sub>2</sub> 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 (>0.53m<sup>2</sup>) presented adequate basic acid and electrolyte blood balance at five minutes, while those with lower body surface area (<0.53m<sup>2</sup>) 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; (pCO<sub>2</sub>) Partial pressure of carbon dioxide; (CO<sub>2</sub>) 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 FiO<sub>2</sub> 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, pCO<sub>2</sub>, 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
<b>Grupo Glóbulos Rojos</b>					
pH	6,76	7,01	6,91	6,90	±0,07
pCO <sub>2</sub> (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
<b>Grupo Basal</b>					
pH	7,32	7,54	6,91	6,90	±0,07
pCO <sub>2</sub> (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
<b>Grupo minuto 1</b>					
pH	7,17	7,39	7,30	7,30	±0,05
pCO <sub>2</sub> (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
<b>Grupo minuto 5</b>					
pH	7,22	7,43	7,33	7,33	±0,05
pCO <sub>2</sub> (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 m<sup>2</sup>, el cuartil dos (Q2) de 0,29 a 0,39 m<sup>2</sup>, el cuartil tres (Q3) de 0,40 a 0,53 m<sup>2</sup> y el cuartil cuatro (Q4) de 0,54 a 1,21 m<sup>2</sup>.

Las variables pCO<sub>2</sub>, 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.

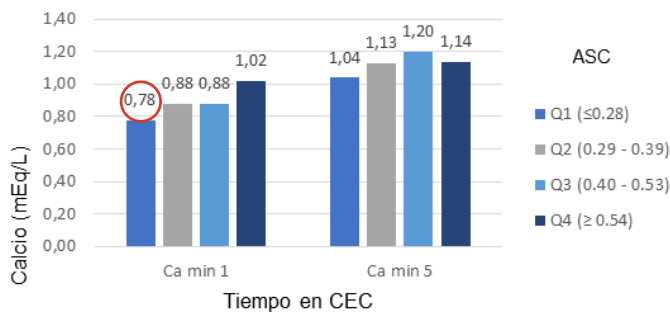


Gráfico 1. Comportamiento del calcio según ASC en el grupo minuto 1 y grupo minuto 5.

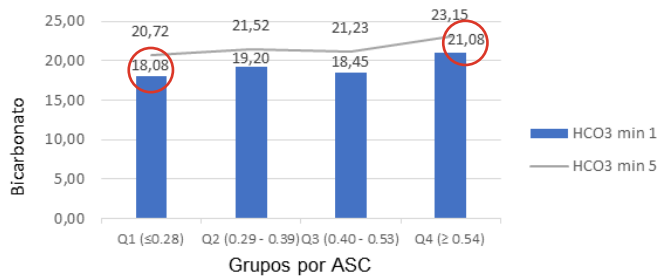


Gráfico 2. Comportamiento del bicarbonato según ASC en el grupo minuto 1 y grupo minuto 5.

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.

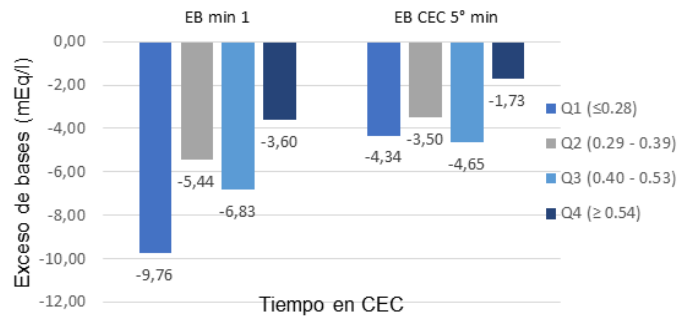


Gráfico 3. Comportamiento el exceso de bases según ASC en el grupo minuto 1 y grupo minuto 5.

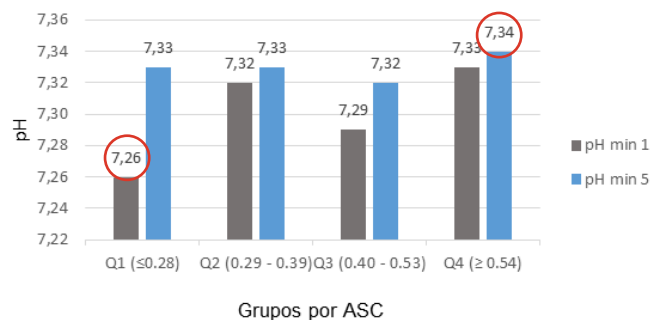


Gráfico 4. Comportamiento del pH según ASC en el grupo minuto 1 y grupo minuto 5.

**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.<sup>1,2</sup> 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.<sup>3,4</sup> Está ampliamente soportado que ha mayor tiempo de almacenamiento de los GRE más deterioro de los mismos.<sup>5,6</sup>

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.<sup>7</sup> 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.<sup>8</sup>

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.<sup>9</sup> 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  $\leq 5$  días una  $pCO_2$  promedio de 113 mmHg y en glóbulos rojos  $\geq 5$  días de 155 mmHg; esta alta presión parcial del dióxido de carbono también explica la acidosis.<sup>4</sup>

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.<sup>10</sup>

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.<sup>9,11</sup> 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.<sup>12,13</sup>

### 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.<sup>14</sup>

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.<sup>15</sup> 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.<sup>1,3,4,16,17</sup>

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.<sup>18,19</sup> 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.<sup>20</sup>

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<sup>+</sup> al organismo, sino que los atrapan hasta que pueda restablecerse el equilibrio.<sup>21</sup>

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).<sup>22</sup>

### 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 pCO<sub>2</sub> 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.<sup>18, 23-24</sup>

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 RE, 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](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