

República Dominicana
Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña
Facultad de Ciencias de la Salud
Escuela De Medicina
Centros De Diagnóstico, Medicina Avanzada De Conferencias Médicas Y
Telemedicina (CEDIMAT)

**VENTAJAS DEL USO DE CO₂ Y LA INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN
RELACIÓN A LA ELIMINACIÓN DE BURBUJAS DEL
CIRCUITO DE CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA**



**Tesis de grado presentada por Licda. Rosa María Román Jiménez. Estudiante del
Postgrado de circulación extracorpórea CEDIMAT.**

Tutor: Dr. Hamlet Herrera. Anestesiólogo cardiovascular CEDIMAT., Santo Domingo
República Dominicana.

Cotutor: Lic. Brígida Aguerrevere Branger. Coordinadora del Departamento de circulación
extracorpórea, coordinadora docente del Postgrado de perfusión y circulación
extracorpórea CEDIMAT, Santo Domingo República
Dominicana.

Los conceptos emitidos en el presente
anteproyecto de tesis de postgrado son
de la exclusiva responsabilidad de la
sustentante del mismo

ÍNDICE

	Página
Capítulo I – Introducción.	
1-Introduccion.	
1.1-Antecedentes.	
1.2-Justificacion e importancia del tema.	
1.3-Planteamiento del problema.	
1.4-Limites y alcances.	
1.5-Objetivos de investigación.	
1.6-Variables.	
1.8-Operacionalizacion de variables.	
Capítulo II - Marco teórico.	
2.1-Bypass cardiopulmonar	
2.2-Oxigenación	
2.3-Componente del oxigenador de membrana de fibra hueca	
2.4-Cebado del circuito de circulación extracorpórea (CEC)	
2.5-Dioxido de carbono (CO ²)	
2.6 Función del cebado con co2 el circuito de circulación extracorpórea.	
2.7-Solubilidad de los gases	
2.8-Microembolismos	
2.8.1 Un Microembolismo gaseoso:	
2.8.2-Efectos de los microembolismos	
2.9-Temperatura	
2.9.1-Manejo de los gases en hipotermia	
Capítulo III - Marco Metodológico.	
3-Tipo y diseño de estudio. .	
3.1- Ámbitos de estudio.	
3.2- Población de estudio	
3.3- Tabulación	

3.4 Análisis

3.5-Instrumento de recolección de información

3.6-Fuente de datos.

3.7-Criterios de inclusión.

3.8-Aspectos éticos.

Capítulo IV – Presentación de resultados

4.0-Resultados.

4.1-Discusion y análisis de los resultados.

4.2-Conclusiones.

4.3-Recomendaciones.

Referencias Bibliográficas.

Anexos.

A-Instrumento de recolección de datos.

B-Cronograma de actividades.

C-Costos y Recursos.

D-Evaluación.

CAPÍTULO I – INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCION

La máquina de circulación extracorpórea es un componente fundamental de la cirugía cardíaca para dar soporte al corazón y al pulmón mientras estos órganos se encuentran en reposo. Para la realización de la cirugía cardíaca con circulación extracorpórea, es vital la utilización de un circuito compuesto de un oxigenador con un reservorio venoso anexo y un conjunto de tuberías que sirven de conductos a través de los cuales la sangre circula desde el corazón de manera desoxigenada hacia la aorta oxigenada por el oxigenador artificial. Este completo circuito al momento del inicio del bypass cardiopulmonar debe estar libre de aire y burbujas, el cual se logra mediante el cebado con soluciones cristaloides y que según la necesidad se puede sustituir esta ceba con hemoderivados. La importancia de la eliminación de las burbujas radica en la prevención de la migración de las mismas al sistema arterial del paciente, lo que puede ocasionar trastornos neurológicos posterior a la circulación extracorpórea.¹⁻²

Múltiples investigaciones realizadas con miras a lograr el cebado óptimo del circuito extracorpóreo han surgido, de las cuales el cebado con Dióxido de carbono (CO₂) previo al cristaloides es una de las técnicas que muchos protocolos aplican diariamente en varios programas de cirugía cardíaca. En nuestro programa de cirugía cardíaca se aplica este protocolo de cebado del circuito con CO₂.²

El propósito fundamental del cebado con CO₂ es aprovechar las propiedades de este gas en cuanto a su solubilidad superior al aire atmosférico y al oxígeno per se. La facilidad de disolución en líquidos del CO₂ nos permite

desburbujear fácilmente el circuito extracorpóreo haciendo que las tuberías y el oxigenador estén en poco tiempo sin nada de aire.

En este estudio queremos evaluar la diferencia entre utilizar y no utilizar CO₂ en el Cebado del circuito extracorpóreo previo a la adición de solución cristaloide, a fin de identificar si el circuito extracorpóreo mantiene microburbujas en los casos de no utilizar CO₂, comprobado mediante la utilización de sensores de burbujas y de manera visual del circuito.

1.1 -ANTECEDENTES.

El cebado del circuito extracorpóreo a utilizarse en la cirugía cardíaca, es parte de la fase preparatoria posterior al ensamble para el inicio del bypass cardiopulmonar, dicho cebado que rutinariamente se realiza con soluciones cristaloides y/o hemoderivados, se realiza con miras a tener todo el trayecto del oxigenador libre de aire a fin de evitar el embolismo gaseoso que ha sido considerado históricamente como la fuente más común reportada de embolismo.

El uso de CO₂ para la impregnación del campo quirúrgico en las cirugías de reparación y reemplazos de válvula mitral puso en evidencia las ventajas de este para evitar el microembolismo gaseoso lo que permitió que se pensara en la utilización de CO₂ para cebado del circuito extracorpóreo.²⁻³

Para el año 1987 Martin Hargrove y colaboradores realizaron un estudio experimental para determinar cuál era el flujo de CO₂ adecuado para el cebado óptimo del circuito de circulación extracorpórea de CO₂ que se lavaron circuitos sin cebado con CO₂. La diferencia se observó durante todo el período de medición.

Marco C. Stehouwer y colaboradores comprobaron que la ceba con dióxido de carbono de un circuito integrado de perfusión minimizado antes del cebado previene la liberación espontánea de aire en la línea arterial durante el uso clínico, este estudio clínico fue diseñado para evaluar la influencia de la integración de un oxigenador con una bomba de sangre con o sin filtro arterial integrado en la extracción de microembolismo gaseoso. En ambos modelos de oxigenadores integrados en el 40% de los pacientes se observó una liberación accidental de aire en la línea arterial (> 500 mm). Los resultados del estudio adicional mostraron que el lavado del dispositivo completamente con CO₂ antes del cebado podría evitar este fenómeno de la liberación de aire.

Inger M. Husebraten. et.al 2017 con el tema medición de la microembolia gaseosa en el cebado antes del inicio del bypass pulmonar, en el Hospital Universitario de Oslo, Noruega departamento de cirugía cardiotorácica en el año 2017 determinó que el circuito obtuvo un contenido de 97 % de CO₂. Se encontró que la mejor forma de lavado era retrógradamente desde el filtro arterial durante 5 minutos y a continuación, a diferencia del filtro arterial anterior durante 15 minutos, con un flujo de CO₂ de 1 l / min. El número de micro émbolos gaseosos disminuyó significativamente más en los en relación a la solubilidad de los gases y la temperatura.

1.2 JUSTIFICACION

La investigación surge a raíz del cuestionamiento de la importancia que tiene el cebado con CO₂ del circuito extracorpóreo, tomando en cuenta que es parte fundamental del protocolo de perfusión que se aplica día a día en pacientes pediátricos y adultos sometidos a bypass cardiopulmonar. Los efectos del embolismo aéreo tienen un impacto negativo en la evolución peri y postoperatoria¹, de ahí la insistencia en lograr un circuito libre de microburbujas y macroburbujas.

Muchos estudios han puesto en evidencia las ventajas del cebado del circuito extracorpóreo con Dióxido de Carbono, además de los beneficios con respecto a menor daño tisular que se ha demostrado embolización con dióxido de carbono.⁵

En nuestro servicio, a fin de poner en evidencia todas las bondades de la aplicación del protocolo del cebado del circuito extracorpóreo con CO₂, hemos querido hacer una revisión teórico-práctica de dicho protocolo, por lo cual creemos que es fundamental verificar los beneficios de esta modalidad de cebado.

Con esta investigación pretendemos aportar datos específicos para lograr evitar la reperfusión de la migración de macro y microémbolos desde el circuito extracorpóreo al paciente.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La inquietud por lograr librar de aire todo el circuito extracorpóreo es inevitable debido a las consecuencias que estas traen al paciente que es sometido a una cirugía cardíaca, bajo la constante búsqueda del método óptimo para eliminar las burbujas y así evitar su repercusión en los pacientes, nos hace preguntarnos hasta qué punto el cebado del circuito con CO₂ logra eliminar las macros y microburbujas producidas en el circuito.³

Hasta la actualidad nuestro centro maneja dos protocolos de cebado del circuito extracorpóreo: el uso de cebado con CO₂ previo a cebar con soluciones cristaloides y el que no usa el CO₂ previo al cebado cristaloides. Las guías de conducta de la perfusión de la Asociación latinoamericana de perfusión (ALAP) y la sociedad americana de tecnología extracorpórea (AMSECT) recomiendan que el cebado sea realizado con CO₂. **CITAR PAGINA WEB**

Es por esto que nos vemos interesados en evaluar las ventajas del uso de CO₂ y la influencia de la temperatura en relación a la eliminación de burbujas del circuito de circulación extracorpórea.

1.4 LIMITES Y ALCANCES.

El presente estudio fue realizado de manera invitro con 20 circuitos de circulación extracorpórea

1.5 OBJETIVO GENERAL

Evaluar las ventajas del uso de CO₂ previo al cebado del circuito de circulación extracorpórea y determinar la influencia de la temperatura en relación a la eliminación de burbujas del circuito.

1.5.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar las diferencias en cuanto al tiempo de cebado y desburbujeo del circuito de circulación extracorpórea con CO₂ y sin CO₂ previo al cebado con solución cristaloide.
- Determinar la captación de microburbujas por el sensor de burbujas del cebado del circuito con CO₂ y sin co₂ previo al cebado con solución cristaloide a 24°C y a 37°C.
- Determinar la influencia de la temperatura a 24°C y a 37°C en la generación de microburbujas captadas por el sensor de burbujas al inyectar aire ambiente o CO₂ a presión en la línea venosa del circuito de circulación extracorpórea.

1.6-VARIABLES.

Las variables objeto de estudio para evaluar las ventajas del uso de CO₂ previo al cebado del circuito de circulación extracorpórea y determinar la influencia de la temperatura en relación a la eliminación de burbujas del circuito.

VARIABLES INDEPENDIENTES

- 1- Burbuja
2. Velocidad de cebado
3. Temperatura

1.7 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable	Concepto	Naturaleza	Indicador
Burbuja	Es la presencia de gas dentro del contenido liquido del oxigenador	Cualitativa	Microburbujas / microburbujas
Velocidad de cebado	Es el tiempo empleado para eliminar el aire del circuito extracorpóreo	Cualitativa	Minutos
Temperatura	La Temperatura es una propiedad de la materia que está relacionada con la sensación de calor o frío que se siente en contacto con ella.	Cuantitativa	En grados con la escala Celsius

CAPITULO II - MARCO TEÓRICO

2.1 BYPASS CARDIOPULMONAR

La circulación extracorpórea (también llamada bypass cardiopulmonar, máquina corazón-pulmón o derivación cardiopulmonar) es una técnica que se usa para operar enfermos con lesiones dentro del corazón; el objetivo, por tanto, es mantener detenidas y vacías de sangre las cavidades cardiacas, sin dejar de perfundir el resto del organismo. Otra forma de entender su finalidad es la de derivar la circulación del paciente a un oxigenador fuera del cuerpo y bombearla de nuevo al sistema arterial. ¹

HISTORIA

En los avances tecnológicos la circulación extracorpórea ha devengado nuevos avances para suplir todas las necesidades de un perfusionista obteniendo los recursos necesarios para utilizar un circuito completo formado por un oxigenador y un reservorio y varios accesorios, como: intercambiador de temperatura, mezclador de aire médico y oxígeno entre otros.

El primer contacto directo de oxigenación artificial de la sangre fuera del cuerpo fue logrado en 1869 por Ludwig y Schmidt al agitar sangre desfibrinada con aire ambiente dentro de un globo (Drummond et al., 2005). En 1882, Waldemar Von Schoder describió el primer oxigenador mediante el burbujeo de aire desde el fondo de un receptáculo, trayendo como consecuencias negativas la formación de espuma y embolismos gaseosos y coagulación. El problema de la coagulación fue resuelto con el descubrimiento accidental de la heparina en 1916 por el estudiante de medicina Jay Maclean. (Mclean, 1959). ²

2.2 OXIGENACIÓN

La era comprendida entre 1937–1952 fue crucial en el desarrollo de tres propuestas: el oxigenador de disco, el oxigenador de pantalla y el oxigenador de burbujas en reservorio de vidrio descrito por Gollan y Gupta (Gimbel and Engelberg, 1954). John Gibbon, quien participó en numerosos intentos de lograr la creación de un oxigenador artificial durante dos décadas.⁵

Múltiples problemas surgieron como consecuencia del uso en humanos: esterilización, embolismos sanguíneos y aéreos, así como una exposición a la sangre a una superficie de contacto extenso. La idea de una membrana protectora entre la sangre y el aire para disminuir el problema al trauma sanguíneo inherente al contacto surgió por un hallazgo observacional por Kolff y Berk. En 1944 en donde evidenciaron la arterialización de la sangre en una máquina de diálisis que contenía una tubería de celofán, la cual equilibraba el contenido de gas de la sangre a la del dializado que había sido expuesto al aire ambiente a través de difusión pasiva. Este fue el inicio de la creación de los oxigenadores de membrana, los cuales también han tenido obstáculos en su desarrollo como la optimización de la superficie para una homogénea.⁷

En los años 1953 los oxigenadores de burbuja eran los más empleados en las cirugías cardíacas. El principio de oxigenación consistía en un reservorio de sangre con una línea de oxígeno creando burbujas directamente dentro de la sangre; las burbujas más grandes eran más eficientes removiendo CO₂ y las burbujas más pequeñas oxigenaban mejor.⁹

Estos oxigenadores han sido prácticamente reemplazados por los oxigenadores de fibra hueca microporosa, comúnmente llamados oxigenadores de membrana. Estos oxigenadores han sido una alternativa a los oxigenadores de

burbuja, ya que se han eliminado la interface de contacto aire y sangre. El material utilizado para lograr la transferencia de gases es el polipropileno, estando en constante evolución y siendo usados a diario en la actualidad. La industria recomienda su uso en un tiempo no mayor a 6 horas, se estima que aproximadamente se realizan de ochocientas a un millón de cirugías cardíacas al año a nivel mundial en los cuales se utiliza un oxigenador de membrana de fibra hueca.⁶

En cuanto a la oxigenación artificial de mayor duración, existe la terapia de oxigenación de membrana extracorpórea

2.3 COMPONENTE DEL OXIGENADOR DE MEMBRANA DE FIBRA HUECA

La oxigenación es lograda por una membrana semipermeable de polipropileno que se interpone entre los flujos de sangre y gas. el polipropileno es un polímero termoplástico el cuales estirado para lograr microporos en las fibras con un diámetro interno de 100 – 200 micras (Sarkar and Prabhu, 2017). El intercambio gaseoso depende de las características y espesor de la membrana y de la ley de Fick para la difusión. La ventaja del oxigenador de membrana es que evita el contacto de la sangre con el gas lo que reduce la hemólisis sanguínea, la desnaturalización de las proteínas y la formación de microémbolos. Sus componentes son un sistema de entrada, distribución, exposición entre las fibras, recogida y salida de sangre, un sistema de entrada, exposición y salida de gas por dentro de las fibras una estructura interna, generalmente de acero inoxidable o poliuretano por donde fluye agua proveniente de un intercambiador de temperatura aproximadamente entre 11 -15 L/min para generar la transferencia de temperatura entre la sangre y el agua. Estos elementos se encuentran dentro de una carcasa de policarbonato.⁵

2.4 CEBADO DEL CIRCUITO DE CIRCULACION EXTRACORPOREA (CEC)

El cebado del circuito extracorpóreo a utilizarse en la cirugía cardíaca es parte de la fase preparatoria posterior al ensamble para el inicio del bypass cardiopulmonar. El cebado que rutinariamente se realiza con soluciones cristaloides y/o hemoderivados, se realiza con miras a tener todo el trayecto del oxigenador libre de aire a fin de evitar el embolismo gaseoso. El uso de CO₂ para la impregnación del campo quirúrgico en las cirugías de reparación y reemplazos de válvula mitral puso en evidencia las ventajas de este para evitar el microembolismo gaseoso o que permitió que se pensara en la utilización de CO₂ para cebado del circuito extracorpóreo. ⁶

Esta nueva tendencia de utilizar CO₂ en el cebado de los componentes de la circulación extracorpórea fue despertando el interés de muchos grupos quirúrgicos, los cuales fueron aplicándose con frecuencia en todos los casos y hasta adaptándolo a los protocolos institucionales. Para el año 1987 Martin Hargrove realizaron un estudio experimental para determinar cuál era el flujo de CO₂ adecuado para el cebado óptimo del circuito extracorpóreo, estableciéndose así un flujo de 6 L/min durante cuatro min. para lograr obtener una concentración de aire residual de menos del 0.01%. ³

En año 2017 realizaron un estudio con relación a la medición de la microembolia gaseosa en el cebado antes del inicio del bypass pulmonar, el mismo determinó que el circuito obtuvo un contenido de 97 % de CO₂. Se encontró que la mejor forma de lavado era retrógradamente desde el filtro arterial posterior durante 5 minutos y, a continuación, a diferencia del filtro arterial anterior durante 15 minutos, con un flujo de CO₂ de 1 l / min. El número de micro émbolos gaseosos disminuyó significativamente más en los circuitos que se cebaron con

CO₂, a los que no se hizo la ceba con Co₂. La diferencia se observó durante todo el período de medición.⁵

La ceba con dióxido de carbono de un circuito integrado de perfusión minimizado antes del cebado previene la liberación espontánea de aire en la línea arterial durante el uso clínico. Este estudio clínico fue diseñado para evaluar la influencia de la integración de un oxigenador con una bomba de sangre con o sin filtro arterial integrado en la extracción de micro embolismo gaseoso. En ambos modelos de oxigenadores, en el 40% de los pacientes se observó una liberación accidental de aire en la línea arterial (> 500 mm). Los resultados del estudio adicional mostraron que el lavado del dispositivo completamente con CO₂ antes del cebado podría evitar este fenómeno de la liberación de aire.⁵

La entrada de aire en el sistema venoso conduce a una mayor carga de burbujas arteriales, ya que dicho aire entra al circuito de circulación extracorporea y debe ser extraído por los filtros y el perfil del diseño de los reservorios y oxigenadores, razón por la cual el CO₂ que reemplaza al aire en las cámaras cardíacas muestra una reabsorción más rápida, lo que reduce el posible daño cerebral o periférico a los órganos después de las intervenciones de las válvulas cardíacas.⁶

2.5 DIOXIDO DE CARBONO (CO₂)

El dióxido de carbono es un gas inodoro, incoloro, ligeramente ácido y no inflamable. Es soluble en agua cuando la presión se mantiene constante, está formado por una molécula lineal de un átomo de carbono unido con enlaces covalentes a dos átomos de oxígeno, de la forma O = C = CO₂. El CO₂ existe naturalmente en la atmósfera de la tierra como gas.⁵

La producción de dióxido de carbono durante el bypass cardiopulmonar deriva tanto del metabolismo aeróbico como de la amortiguación del ácido láctico

producido por los tejidos en condiciones anaeróbicas. Por lo tanto, el monitoreo de la eliminación de dióxido de carbono es una medida importante de la adecuación de la perfusión y el suministro de oxígeno. Sin embargo, el monitoreo de rutina de la eliminación de dióxido de carbono no se aplica ampliamente. ⁵

2.6 FUNCIÓN DEL CEBADO CON CO₂ EL CIRCUITO DE CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA.

Se utiliza para disminuir el aire y las microburbujas del circuito para prevenir los posibles embolismos aéreos máximo. El CO₂ es más soluble que el oxígeno 20 veces por que tiene un coeficiente mayor que el oxígeno y el nitrógeno desplaza el aire ambiente que contiene nitrógeno el cual es el principal generador de burbuja responsables de los micro émbolos gaseoso. ⁶

2.7 SOLUBILIDAD DE LOS GASES

La solubilidad de los gases en líquidos se afecta con la temperatura. Como regla general, al disminuir la temperatura de un líquido aumenta la solubilidad de un gas dado en ese líquido y, por lo tanto, disminuye la presión parcial de ese gas, mientras que el contenido total del gas en el líquido permanece constante. Aumentar la temperatura de un líquido aumenta la energía cinética de las moléculas en el líquido, lo que aumenta la tendencia de las moléculas de gas disuelto a dejar el líquido (solubilidad disminuida) y aumenta la presión parcial de aquellas moléculas de gas que permanecen en el líquido. ²⁵

La relación del pH con la temperatura es algo más complejo que el cambio en la temperatura de CO₂. Es evidente que existe una relación directa entre la concentración de H⁺ [H⁺] en una solución de agua y el contenido de CO₂ de esa solución. Cuanto más alto sea el CO₂, más H⁺ estará en la solución y, por lo

tanto, disminuirá el pH. Esto se debe principalmente a la tendencia del CO₂ a combinarse químicamente con el agua para producir ácido carbónico, que luego se disocia en solución para producir H⁺.²⁵

2.8 MICROEMBOLIMOS GASEOSOS

La embolia gaseosa arterial es la obstrucción del flujo de la sangre a los órganos causada por la presencia de burbujas en una arteria. Se produce cuando entran burbujas de gas en las arterias o se forman dentro de ellas y ocluyen el flujo sanguíneo lo que produce isquemia orgánica. La embolia gaseosa arterial puede provocar una lesión en el sistema nervioso central (SNC)

2.8.2 EFECTOS DE LOS MICROEMBOLIMOS

El efecto de la CEC sobre el sistema nervioso debe ser considerado. En el transcurso de la perfusión puede ocurrir un aumento de la presión arterial, que con facilidad causa edema y hemorragia cerebral. En la hipotensión, la hipoxia induce la injuria tisular, siendo esta más grave en el tejido cerebral. Además de eso, la circulación extracorpórea puede ocasionar procesos embólicos con daños cerebrales irreversibles.⁸

Los progresos de la tecnología extracorpórea y de las técnicas de cirugía, anestesia y post-operatorio contribuyeron a reducir la incidencia de eventos indeseables relacionados al sistema nervioso. Sin embargo, las complicaciones neurológicas aun ocurren y, frecuentemente, son consideradas entre los más importantes daños, pues determinan tasas de sobrevida y producen gran impacto en la calidad.

En los sistemas de circulación extracorpórea y en el tratamiento médico de los pacientes sometidos a cirugía cardíaca, siguen produciéndose complicaciones perioperatorias que afectan al sistema nervioso, y en ocasiones sus mecanismos

son pobremente conocidos. Las complicaciones neurológicas (CN) en estos pacientes pueden afectar tanto al cerebro como a la médula espinal y a los nervios periféricos. Sin embargo, la afectación del sistema nervioso central, y en particular la afección cerebrovascular, es la más frecuente, y conlleva una alta morbilidad y mortalidad, así como un aumento de las estadías hospitalarias y de los recursos sanitarios utilizados.

La patogenia de estas complicaciones permanece incierta. Los mecanismos patogénicos tradicionalmente propuestos son la hipoperfusión sistémica y la embolización perioperatoria (claramente documentada mediante Doppler transcraneal) de macro y microembolias desde la aorta, desde las cavidades cardíacas o bien desde el propio circuito de derivación cardiopulmonar, ya que se observa una menor frecuencia de circuito de derivación cardiopulmonar, ya que se complicaciones neurológico en los pacientes operados de revascularización coronaria sin bomba extracorpórea. En estudios anatomopatológicos se observan arteriolas y capilares dilatados que sugieren la presencia de microembolias en el lecho distal como causantes de estas complicaciones. La aparición de Complicaciones neurológicamente en el postoperatorio más tardío pudiera estar condicionada por otras causas; entre los factores asociados al desarrollo de ictus varios días después de la intervención quirúrgica figuran la anemia, la trombocitosis reactiva, un estado procoagulante y la presencia de ciertas arritmias, fundamentalmente de fibrilación auricular. BIBLIO SONG LOU

Múltiples estudios, tanto unicéntricos como multicéntricos, de carácter prospectivo y retrospectivo, han intentado identificar variables preoperatorias, operatorias y postoperatorias asociadas a la aparición de CN tras la cirugía cardíaca. Los términos utilizados para definir estas complicaciones son con frecuencia poco precisos, y la sintomatología neurológica agrupada en los distintos epígrafes es excesivamente heterogénea. El estudio multicéntrico McSPI, que valoró los eventos neurológicos en 2 tipos: el tipo I son las lesiones focales o las

causantes de estupor o coma en el momento del alta. El tipo II incluye el deterioro intelectual, el déficit de memoria y las crisis convulsivas. ⁹

En este último grupo, las variables asociadas a un mal pronóstico son la edad más avanzada, la enfermedad pulmonar crónica, la hipertensión arterial, el consumo abusivo de alcohol, la patología arterial periférica o revascularización coronaria previa, la arritmia postoperatoria (fundamentalmente fibrilación auricular) y la presencia de terapia antihipertensiva. Sin embargo, en los pacientes pertenecientes al grupo I, aunque la edad avanzada y la broncopatía también se asociaron a la incidencia de CN, encontramos otros factores de riesgo diferentes, como la presencia de aterosclerosis de la aorta proximal, historia de afección cerebrovascular previa, diabetes mellitus o la utilización de balón intraaórtico de contrapulsación, todos con una alta significación estadística. En otros estudios las variables asociadas a la presencia de ictus en pacientes postoperados y son: insuficiencia renal crónica, infarto de miocardio reciente, estenosis de la arteria carótida. ¹⁰

Las variables operatorias como el tiempo de pinzamiento aórtico, las fluctuaciones hemodinámicas y el tiempo de circulación extracorpórea también se asocian. Aunque la influencia del sexo como valor predictivo de mal pronóstico ha sido ampliamente discutida, las mujeres presentan mayor número de eventos neurológicos perioperatorios tras cualquier tipo de cirugía cardíaca, y la mortalidad a los 30 días de la cirugía es mayor cuando este cuadro ocurre.

En la mayor parte de las series publicadas, el infarto cerebral es considerado como variable única, independientemente del momento de aparición y del subtipo de infarto que presenta el paciente; sin embargo, estas 2 variables pueden tener correlación con la etiología del cuadro. Si clasificamos los ictus en precoces (aquellos presentes en el momento operatorio y objetivados ya en el despertar) y tardíos (los que aparecen después de un despertar sin afectación neurológica), se observa el día del postoperatorio. ⁷

Desde el punto de vista neurológico, es importante subrayar las escasas referencias a los diferentes subtipos de ictus y los diversos síndromes cerebrovasculares que presentan los pacientes. Estas subclasificaciones pueden y deben ser relevantes a la hora de plantear posibles correlaciones etiopatogénicas. La presencia de fibrilación auricular con un bajo gasto cardíaco se asocia de manera fundamental al ictus tardío. Se sugiere que el mecanismo etiopatogénico, en este caso, pudiera estar en relación con la formación de trombos intracardíacos. En otras series estudiadas se observan una alta frecuencia de eventos cerebrovasculares incluso varios días después de la intervención quirúrgica. Así, casi el 40% de los infartos se produce a partir del tercer día postoperatorio; el 70% de ellos síndrome hemisférico, el 14%, un cuadro de territorio posterior y el 16%, un síndrome lacunar. En las tomografías computarizadas (TC) realizadas, 29 de estos pacientes presentaban nuevos infartos, de los cuales 20 eran territoriales, correspondían a infartos lacunares y a territorio fronterizo.

Es de reseñar que todos los pacientes que presentaban infarto en territorio limítrofe tenían un tiempo de circulación extracorpórea superior a 120 min; esto se puede relacionar con el concepto de que los infartos fronterizos reflejan fundamentalmente bajo flujo distal, sin que podamos descartar la posibilidad de microembolias distales. Los infartos territoriales no se relacionan tanto con el tiempo de bypass cardiopulmonar, y su presencia se ha asociado más a embolias desde la aorta ascendente o desde las cavidades cardíacas. Desde su descripción inicial, los infartos lacunares se han asociado a lipohialinosis arterial en relación con hipertensión arterial crónica.

La presencia de infartos lacunares tras cirugía cardíaca puede resultar un tanto sorprendente; sin embargo, en la actualidad se viene constatando con mayor frecuencia el origen embólico de los infartos lacunares en general, y se calcula que ésta puede ser la causa de hasta el 20% de estos infartos utilizados durante la CEC se encuentra la hipotermia, definida como el estado en el cual la temperatura

corporal disminuye por debajo de los límites normales en un organismo homeotermo, 36°C. Bigelow, en Toronto, tras muchos años de investigación experimental, pudo demostrar en 1946 que la hipotermia reduce las necesidades de oxígeno del organismo. BIBLIOGRAFIA

Los procesos metabólicos son dependientes de la temperatura, una disminución de esta en los seres homeotermos conlleva a una disminución de la utilización de energía. La tolerancia a la isquemia es variable según los diferentes órganos. El riñón puede tolerar 50-60 minutos, el hígado 20-30 minutos y la médula espinal entre 30 y 45 minutos. Sin embargo, la corteza cerebral puede tolerar tan sólo 2-4 minutos, los centros pupilares 5-10 minutos y el cerebelo 10-15 minutos. **Bibliografía** **Luis Enrique Marcano Sanz**

Es importante recalcar que la hipotermia puede retrasar, pero no prevenir indefinidamente, la aparición de cambios que provoquen deterioro estructural.¹²

2.9 TEMPERATURA

Hipotermia: el concepto de que la reducción en la tasa metabólica por la disminución deliberada de la temperatura corporal permitiera las reparaciones intracardíacas, originó el propósito definitivo del estudio de la hipotermia. La aplicación de la hipotermia en cirugía cardíaca ha sido paralela al desarrollo de la circulación extracorpórea. En la época actual los diversos niveles de hipotermia se emplean ampliamente en la cirugía cardíaca pediátrica y de adulto.²⁶

La disminución de la temperatura confiere numerosas ventajas como: protección cerebral durante el paro circulatorio y flujos bajos, preservación de órganos durante la isquemia, disminución del metabolismo, consumo de oxígeno trifosfato de adenosina (ATP); mejor tolerancia al estrés y una mejor protección miocárdica. Cardioprotectores, para interrumpir la actividad electromecánica del corazón y permitir los procedimientos intracardíacos en un campo quirúrgico reposado y sin sangre, disminuyen el consumo de oxígeno miocardio, lo que permite su recuperación al final del procedimiento con un mínimo de daño por reperfusión. ²⁶

2.9.1 MANEJO DE LOS GASES EN HIPOTERMIA

Balance ácido-base: el balance ácido-base durante la hipotermia influye en los resultados neurológicos. se utilizan dos estrategias de manejo: el pH Stat y Alfa Stat. Durante la hipotermia la solubilidad del dióxido de carbono en la sangre aumenta y para una concentración dada de dióxido de carbono en sangre el CO₂ disminuye, por lo que la sangre llega a ser más alcalótica. En el manejo con pH Stat, para compensar la solubilidad del dióxido de carbono incrementada, se agrega dióxido de carbono a la mezcla de gases en el oxigenador para mantener un pH durante la hipotermia de 7.40 y una PCO₂ de 40 mmHg. El método Alfa Stat, permite que el pH de la sangre se incremente durante el enfriamiento, lo cual

conduce a la sangre a un estado hipocapnico y alcalotico manteniendo un pH de 7.4 y una PCO₂ de 40 mmHg a 37°C, se permite que el grupo alfa imidazol de la histidina mantenga una capacidad amortiguadora constante con una mejor función enzimática y actividad metabólica celular. Con el manejo Alfa Stat, el binomio flujo-metabolismo cerebral se mantiene, el flujo sanguíneo se regula dependiendo de las necesidades de oxígeno y actividad metabólica.²⁵

Los eventos microembólicos no se han asociado al daño cerebral en el paciente neonato. Sin embargo, las neuronas del paciente son vulnerables a la isquemia y esto subraya que la necesidad de tener un mejor flujo sanguíneo cerebral y contenido de oxígeno es mayor que la necesidad de limitar el riesgo de que un evento microembólico alcance el cerebro.²⁵

La hipotermia es el método más usado para disminuir las demandas metabólicas durante períodos de flujos bajos o paro circulatorio, la tasa metabólica se reduce 50% por cada 10°C de disminución en la temperatura, siendo de 16-18°C la temperatura ideal en paro circulatorio; el uso del colchón térmico y bolsas de hielo aplicadas a la cabeza del paciente son necesarios. La hipotermia profunda con flujos bajos permite la perfusión continua a los órganos durante la CEC, lo cual proporciona incremento en el suministro de oxígeno y nutrientes, así como una hipotermia más homogénea.²⁶

CAPITULO III - MARCO METODOLÓGICO

MATERIALES Y MÉTODOS

3. Tipo de estudio:

Estudio in vitro observacional descriptivo de corte transversal con el fin de determinar la ventaja de la aplicación del cebado del circuito extracorpóreo con Dióxido de Carbono (CO₂) previo cebado con solución cristaloide y el efecto de la temperatura en la solubilidad de los gases en el Centro Cardiovascular de Diagnóstico Medicina Avanzada y Telemedicina, Distrito Nacional, República Dominicana, durante el periodo Septiembre - octubre 2019.

3.1 Ámbitos de estudio:

El estudio se realizó en el Centro Cardiovascular del Centro de Diagnóstico y medicinas avanzadas. CEDIMAT.

3.2 Población de estudio:

Estudio constituido por 20 circuitos de circulación extracorpórea adultos, los cuales fueron divididos en 4 grupos. El grupo A compuesto por 10 circuitos cebados con CO₂ antes de cebar el circuito con solución cristaloide y un grupo B compuesto por 10 Circuitos de circulación extracorpórea marca FX25 Terumo cebados con solución cristaloide sin previo cebado de CO₂. Grupo C circuitos a los cuales se les realizó inyección a presión de CO₂, grupo D circuitos a los cuales se le realizó inyección a presión de aire ambiente. Los circuitos fueron colocados en una maquina de circulación extracorpórea de centrifuga marca Sorin S5, a todos los circuitos se les colocó a la salida de reservorio un sensor de burbujas SORIN group Deutshland GMBH, el cual no requiere uso de gel ultrasónico.

3.3 Tabulación

Luego de haberse obtenido los datos, los mismos fueron procesados por la sustentante de forma manual conjuntamente se procedió a su tabulación mediante

el software estadístico SPSS v 25.0 (Statistical Package for Social Sciences for Windows®) en español para Windows, que permitirá la realización de tablas y gráficos estadísticos donde se observan los resultados.

3. 4 Análisis

Con las tablas obtenidas, se realiza la interpretación de los resultados de la investigación, seguidamente se presenta la discusión de los resultados obtenidos, las conclusiones y recomendaciones pertinentes para este estudio.

Para los cálculos estadísticos se utilizará el formulario de Excel y el valor de significancia para P es <0.05

3.5 Instrumento de recolección de información.

Este fue elaborado por el sustentante, en base a los objetivos de investigación, se utilizó un protocolo de recolección de datos de selección única, conteniendo datos relacionados con los parámetros a investigar, cebado, el censo aéreo de burbujas en las líneas de cebado y temperatura.

3.6 Fuente de datos.

Las informaciones fueron obtenidas mediante aplicación del instrumento de recolección de datos, autorizado por el departamento de enseñanza y el departamento de circulación extracorpórea de CEDIMAT, iniciando la primera semana del mes de septiembre del 2019, finalizando el 28 del mes de febrero del año 2019.

3.7 Criterio de Inclusión:

Circuitos armados para pacientes adultos a los que se les realizará una cirugía cardíaca con Bypass cardiopulmonar cebados con CO₂ previo cebado con solución cristaloide de rutina según protocolo del Departamento de cirugía cardíaca.

Bibil

1. Gravlee GP, Davis RF, Hammon JW, Kussman BD. Cardiopulmonary bypass and mechanical support: Principles and practice: Fourth edition. Cardiopulmonary Bypass and Mechanical Support: Principles and Practice: Fourth Edition. 2015. 1–912 p.

3.8- Aspectos éticos

Esta investigación realizada previa autorización por el departamento de investigaciones científicas, comité de ética e investigaciones y el departamento de circulación extracorpórea de CEDIMAT.

El estudio realizado no involucro manipulación de pacientes para la recolección de datos, ya que la información necesaria se obtendrá de los circuitos que se utilizan rutinariamente para aplicar la circulación extracorpórea a los pacientes que serán intervenidos de cirugía cardíaca con bypass cardiopulmonar. Razón por la cual no se requiere consentimiento informado debido a que no se alterará el protocolo de la institución para el armado y cebado de los circuitos.

CAPITULO IV – PRESENTACION DE RESULTADOS

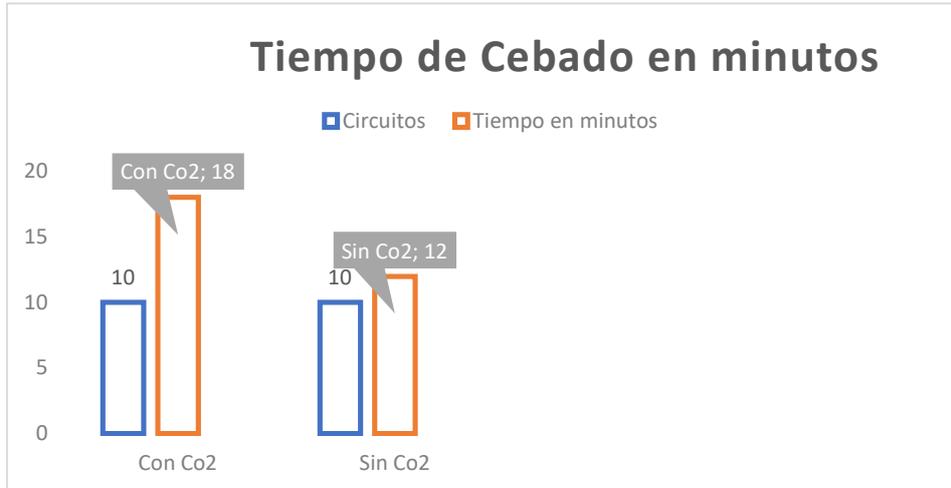
RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados en tablas, y gráficos sobre las ventajas del uso de CO₂ y la influencia de la temperatura en relación a la eliminación de burbujas del circuito de circulación extracorpórea.

Tabla -1 Circuitos in vitro cebados sin CO₂ solo con cebado cristalóide.

Grupos	Tiempos de cebado	Circuitos	Tiempo promedio
A	Tiempo de Cebado con CO ₂ min	10	18
B	Tiempo de Cebado sin CO ₂ min	10	12.3
			P <0,05

Grafica 1 Tiempo de cebado en minutos con y sin CO₂



En la tabla 1 podemos observar en cuanto al tiempo de cebado y desburbujeo del circuito de circulación extracorpórea con las dos técnicas se observa que el grupo B sin CO₂ tomo menos tiempo en minutos para cebar el circuito y desburbujearlo que con CO₂ reflejado una p menor de 0,05. Asi mismo vemos reflejado en la grafica 1 que el circuito cebado con CO₂ tardo 6 minutos mas que el circuito sin CO₂

Tabla -2 Captación de microburbujas por el sensor de burbujas del cebado a 24°C y a 37°C

Captación	Circuitos	Captación Microburbujas 24 °C	Captación Microburbujas 37°C	Porcentaje
Captación microburbujas	10	0	0	0%

Grupo1 (con CO ₂) min				
Captación microburbujas Grupo 2 (sin CO ₂) min	10	0	0	0%

En cuanto a la captación de microburbujas por el sensor de burbujas del cebado, se observa en la tabla 2 que no fueron sensadas microburbujas por lo que no hay diferencias en el circuito con CO₂ y sin CO₂ previo al cebado con solución cristaloides en relación a la captación de microburbujas.

Tabla 3 - Influencia de la temperatura a 24°C y a 37°C en la generación de microburbujas sensadas por el sensor de burbujas al inyectar CO₂ a presión en la línea venosa del circuito de circulación extracorpórea.

Grupos	Temp 24 °C	Temp 37 °C	Valor
---------------	-------------------	-------------------	--------------

Grupo C Captación microburbujas al inyectar CO₂ a presión en la línea venosa del circuito de circulación extracorpórea. (Circuitos)	0	1	1 : 10
Grupo D: inyectar aire ambiente a presión en la línea venosa del circuito de circulación extracorpórea. (Circuitos)	0	10	10 : 10

En la tabla 3 podemos observar que no se observó captación de burbujas por el sensor de burbujas en hipotermia (temperatura de 24 °C), mientras que en normotermia (Temperatura de 37 °C) se observó que solo un circuito correspondiendo al 10% de la muestra evaluada el sensor de burbujas captó microburbujas, demostrando que la generación de microburbujas es más propensa en normotermia.

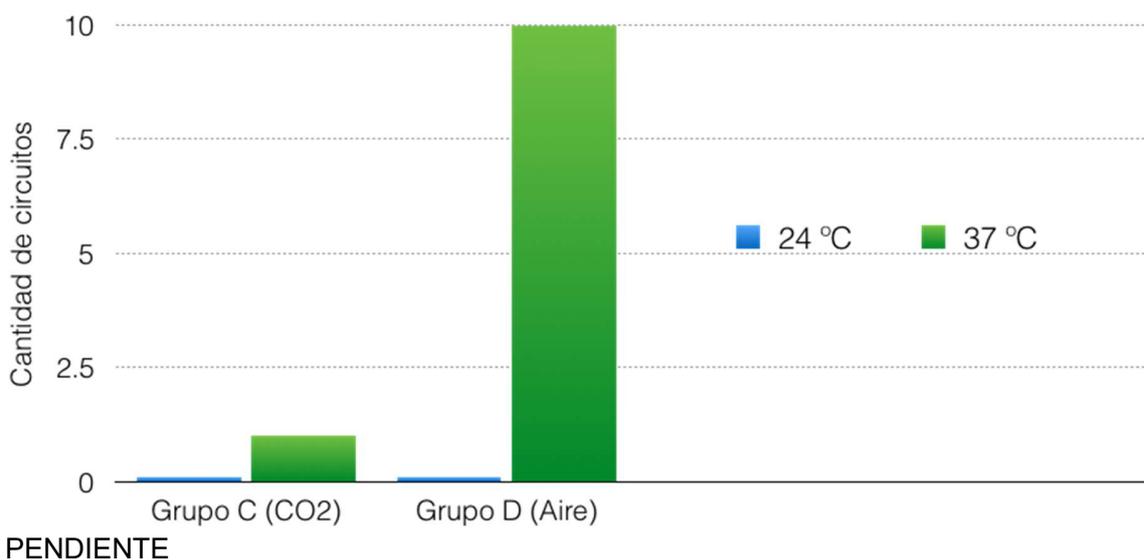
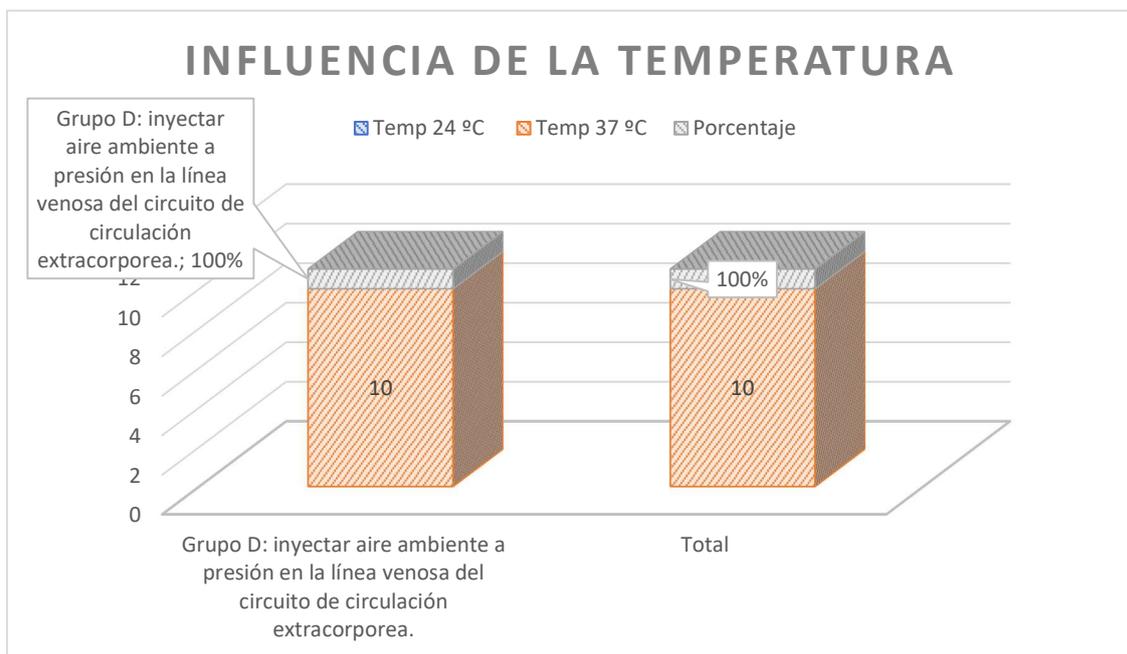


Tabla 4 - Influencia de la temperatura A 24°C y a 37°C en la generación de microburbujas sensadas por el sensor de burbujas al inyectar aire ambiente a presión en la línea venosa del circuito de circulación extracorpórea.

En este cuadro podemos observar que no hubo censado de aire en la línea del circuito cuando manejábamos temp de 24 grados, a diferencia de cuando estuvimos a una temperatura de 37 grados que en todos los circuitos fueron censados la presencia de aire en la línea.



DISCUSION

4.1- Discusión y análisis de resultados

Se realiza un estudio in vitro observacional descriptivo de corte transversal con el fin de determinar la ventaja de la aplicación del cebado del circuito extracorpóreo con Dióxido de Carbono (CO₂) previo cebado con solución cristaloide y el efecto de la temperatura en la solubilidad de los gases, con un universo de 20 muestras que cumplieran con los criterios de inclusión, de la muestra obtenida se encontró cuanto al tiempo de cebado y desburbujeo del circuito de

circulación extracorpórea con las dos técnicas se observa que el grupo B sin CO₂ tomo menos tiempo en minutos para cebar el circuito y desburbujearlo que con CO₂ en donde se observa que la p es menor de 0,05, correlacionado con el estudio de Stehouwer Marco, Vroege Roel y cols. En el cual los tiempos de cebado fueron muy parecidos al nuestro.

Existen diferencias circunstanciales en dicho cebado ya que el cebado con CO₂ debemos impregnar por 5 minutos el circuito de circulación extracorpórea antes de realizar el cebado con cristaloideos, en estas pruebas utilizamos un oxigenador marca FX25 y manejamos un flujo en 5 Lt/min y obtuvimos resultado significativo comparado con el cebado convencional sin utilizar el CO₂, por lo que no guarda relación con el estudio Inger M. Husebraten y cols, ya que estos cebaron retrógradamente y lo hicieron por un tiempo no menor a 20 minutos a diferencia del nuestro.

En cuanto a la captación de microburbujas colocando el sensor de burbujas en la salida del reservorio venoso en ambos grupos de circuitos A y B no hubo captación de microburbujas espontaneas en normotermia e hipotermia, lo que indica que un circuito cerrado sin entrada de aire no hay generación y transporte de burbujas indicando que no hay diferencias en impregnar los circuitos con CO₂ previo al cebado con cristaloiide; sin embargo esta no es la situación que se observa en casos invivo en cirugía cardiaca donde las cavidades cardiacas se encuentras abiertas en algunos casos, además de la aspiración de sangre del campo quirúrgico, la cual llega al reservorio venoso con aire o entrada inadvertida de aire desde el campo quirúrgico.

Al inyectar a presión 50 ml de CO₂ y aire en los grupos C y D pudimos observar que no hubo sensado de burbujas a una temperatura de 24 °C indicando que los gases presentan mayor solubilidad en temperaturas bajas. A diferencia de cuando la Temperatura fue de 37 °C, que se observó la presencia de micorbubujas a la inyección de aire ambiente en un 100% de las muestras, y de

un 10% de la inyección de CO₂, demostrando la superioridad del CO₂ en generar una cantidad significativa menor de microburbujas en el circuito de circulación extracorporea en normotermia, lo que guarda referencia con la investigación de Richard Engelman y cols., quienes demuestran que a temperaturas altas el riesgo de crear microburbujas y generar embolias es mayor.

4.2- Conclusiones.

1. El Cebado con CO₂ del circuito de circulación extracorpórea previo cebado con cristaloides prolonga el tiempo de cebado.
2. El sensor de burbujas no capta microburbujas a temperatura de 24°C y 37°C, lo que indica que el cebado y desburbujeo con técnicas de utilización de CO₂ o sin CO₂ en un circuito cerrado de circulación extracorpórea es efectivo en remoción de microburbujas.
3. Las embolias gaseosas generadas con aire ambiente en normotermia (37°C) son captadas por el sensor de microburbujas a diferencia de las embolias gaseosas en hipotermia que no son captadas.
4. Una embolia gaseosa de CO₂ no es captada por el sensor de microburbujas en hipotermia y normotermia, por lo que se recomienda la utilización del CO₂ en el cebado del circuito de circulación extracorpórea ya que las técnicas de perfusión en normotermia son más propensas a generar microburbujas.
5. Se recomienda mantener el campo quirúrgico irrigado con CO₂ sobre todo en normotermia ya que de producirse un embolismo aéreo desde el campo quirúrgico, la solubilidad de este gas disminuiría la posibilidad de un embolismo en el circuito de circulación extracorpórea.

6. Es mas factible que ocurra un embolismo gaseoso en normotermia que en hipotermia, ya que la solubilidad de los gas es indirectamente proporcional a la temperatura.

4.3- RECOMENDACIONES

Después de la colecta y análisis de la muestra investigada, consideramos que los efectos de la CEC sobre el organismo humano, entre ellos los que determinan las complicaciones neurológicas, aún no están íntegramente elucidados. Nuevos estudios fisiopatológicos son necesarios para consolidar esa área del conocimiento y permitir el surgimiento de técnicas capaces de reducir la incidencia y la extensión de las lesiones neurológicas a causa de la CEC.

Se recomienda realizar futuros estudios prospectivos, controlados y aleatorizados que analicen las ventajas del uso de CO_2 en el campo quirúrgico y /o en el circuito extracorpórea en normotemia e hipotermia para contrarrestar la ocurrencia de complicaciones neurológicas postoperatorias comúnmente esperadas en cirugías cardiovasculares complejas específicamente en normotermia.

Observamos que impregnar el circuito de circulación extracorpórea con CO₂ reduce la formación de microburbujas en normotermia, lo cual podría dar pie a nuevas investigaciones que comprueben los beneficios de este gas en la cirugía cardíaca, principalmente para protección neurológica.

BIBLIOGRAFIA:

- 1- Glenn P. Gravlee, Cardiopulmonary Bypass, practice and principle 2 edition.
Shang W, Rosen M. Carbon Dioxide in the prevention of air embolism during open heart surgery. Thorax 1968; 23:194-6.
- 2- Matte, Gregory S. Perfusion for Congenital Heart surgery. Wiley Blackwell 27-30.
- 3- Hargrove M, McCarthy AP, Fitzpatrick GJ. Carbon dioxide flushing prior to priming the bypass circuit. An experimental derivation of the optimal flow rate and duration of the flushing process. Perfusion 1987;2:177-9

- 4- Inger M. Husebraten medición de la microembolia gaseosa en el cebado antes del inicio del bypass pulmonar, en el Hospital Universitario de Oslo, Noruega ´departamento de cirugía cardiotorácica en l año 2017.
- 5- Stehouwer MC1, de Vroege R2, Carbon Dioxide flush of an integrated minimized perfusion circuit prior to priming prevents spontaneous air reléase into the arterial line during clinical use. The international Journal of artificial organs 2017,00(00):00-00
- 6- Behavior of gaseous microemboli in extracorporeal circuits: Air versus CO2. The international Journal of artificial organs. Vol 29/No. 6 2016:578-582.
- 7- Rady MY, Ryan T, Starr NJ. Early onset of acute pulmonary dysfunction after cardiovascular surgery: risk factors and clinical outcome. Crit Care Med 1997; 25(11): 1831-9.
- 8- Messent M, Sullivan K, Keogh BF, Morgan CJ, Evans TW. Adult respiratory distress syndrome following cardiopulmonary bypass: incidence and prediction. Anaesthesia 1992; 47(3): 267-8.
- 9- Ahlgren E, Arén C. Cerebral complications after coronary bypass and heart valve surgery: risk factors and onset of symptoms. J Cardiothorac Vasc Anesth 1998; 12(3): 270-3.
- 10-Carrascal Y, Guerrero AL, Maroto LC, Cortina JM, Rodriguez JE, Renes E, et al. Neurological complications after cardiopulmonary bypass: an update. Eur Neurol 1999; 41(3): 128-34.

- 11-Chertow GM, Levy EM, Hammermeister KE, Grover F, Daley J. Independent association between acute renal failure and mortality following cardiac surgery. *Am J Med* 1998; 104(4): 343-8.
- 12-Nomoto S, Shimahara Y, Kumada K, Okamoto Y, Ban T. Influence of hepatic mitochondrial redox state on complement biosynthesis and activation during and after cardiopulmonary bypass operations. *Eur J Cardiothorac Surg* 1996; 10(4): 272-8.
- 13-Warren OJ, Smith AJ, Alexiou C, Rogers PL, Jaward N, Vincent C, et al. The inflammatory response to cardiopulmonary bypass: Part 1-mechanisms of pathogenesis. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2009; 23(2): 223-31.
- 14-Johnson MR. Low systemic vascular resistance after cardiopulmonary bypass: are we any closer to understanding the enigma? *Crit Care Med* 1999; 27(6): 1121-7.
- 15-Toraman F, Evrenkaya S, Yuce M, Aksoy N, Karabulut H, Bozkulak Y, et al. Lactatic acidosis after cardiac surgery is associated with adverse outcome. *Heart Surg Forum* 2004; 17(2): E155-9.
- 16-Pölonen P, Ruukonen E, Hippeläinen MA, Pöyhönen M, Takala J. A prospective, randomized, study of goal-oriented hemodynamic therapy in cardiac surgical patients. *Anesth Analg* 2000; 90(5): 1052-9.
- 17-Holm J, Häkanson RE, Vánky F, Svedjeholm R. Mixed venous oxygen saturation is a prognostic marker after surgery for aortic stenosis. *Acta Anaesthesiol Scand* 2010; 54(5): 589-95.

- 18-Groner W, Winkelman JW, Harris AG, Ince C, Bouma GJ, Messmer K, et al. Orthogonal polarization spectral imaging: a new method for study of the microcirculation. *Nat Med* 1999; 5(10): 1209-12.
- 19-Boerma EC, Mathura JR, van der Voort PHE, Spronk PE, Ince C. Quantifying bedside-derived imaging of microcirculatory abnormalities in septic patients: a prospective validation study. *Crit Care* 2005; 9(6): R 601-6.
- 20-De Backer D, Verdant C, Chierego M, Koch M, Gullo A, Vincent JL. Effects of drotrecogin alfa activated on microcirculatory alterations in patients with severe sepsis. *Crit Care Med* 2006; 34(7): 1918-24.
- 21-Bauer A, Kofler S, Thiel M, Eifert S, Christ F. Monitoring of the sublingual microcirculation in cardiac surgery using orthogonal polarization spectral imaging preliminary results. *Anesthesiology* 2007; 107(6): 939-45.
- 22-De Backer D, Dubois MJ, Schmartz D, Koch M, Ducart A, Barvais L, et al. Microcirculatory alterations in cardiac surgery: effects of cardiopulmonary bypass and anesthesia. *Ann Thorac Surg* 2009; 88(5): 1396-403.
- 23-Trzeciak S, Dellinger RP, Parrillo JE, Guglielmi M, Bajaj J, Abate NL, et al. Early microcirculatory perfusion derangements in patients with severe sepsis and septic shock: relationship to hemodynamics, oxygen transport, and survival. *Ann Emerg Med* 2007; 49(1): 88-98.
- 24-De Backer D, Hollenberg S, Boerma C, Goedhart P, Büchele G, Ospina-Tascon G, et al. How to evaluate the microcirculation.
- 25-Richard Engelman, MD, Robert A. Baker. The Society of Thoracic Surgeons, The Society of Cardiovascular Anesthesiologists, and The American Society of ExtraCorporeal Technology: Clinical Practice Guidelines for

Cardiopulmonary Bypass—Temperature Management during Cardiopulmonary Bypass.

26 - Nussmeier NA, Cheng W, Marino M, et al. Temperature during car- diopulmonary bypass: The discrepancies between monitored sites. *Anesth Analg.* 2006;103:1373-9.

**Recolección de
datos**

Con CO2	Sin CO2										
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

ANEXOS

Anexo – A

CEBADO (min)													
Captacion de Burbujas por sensor (Si/No)													
Captacion de Burbujas por sensor Temperatura 24 °C (Si/No)													
Captacion de Burbujas Temperatura 37 °C (Si/No)													

Recolección de datos	Con CO2	Sin CO2										
CEBADO (min)												
Captacion de Burbujas por sensor (Si/No)												
Captacion de Burbujas por sensor Temperatura 24 °C - Inyección 50 ml (Si/No)												
Captacion de Burbujas Temperatura 37 °C / Inyección 50 ml (Si/No)												

Anexo-B

Cronograma de actividades

ACTIVIDADES REALIZADAS	MES
BÚSQUEDA DE BIBLIOGRAFÍA	Julio

ELECCIÓN DEL TEMA	Julio
ELABORACIÓN DEL ANTEPROYECTO	Agosto
REVISIÓN EL ANTEPROYECTO	Agosto
APROBACIÓN DEL ANTEPROYECTO	Septiembre
ELABORACIÓN DEL MARCO TEÓRICO	Octubre
ELABORACIÓN DEL MARCO METODOLÓGICO	Octubre
ELABORACIÓN DE LOS RESULTADOS Y CONCLUSIONES	Octubre
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	Noviembre
REVISIÓN DE TESIS POR ASESORES	Diciembre
ENCUADERNACIÓN Y ENTREGA	Diciembre
PRESENTACIÓN DE TESIS	Diciembre

Anexo-C

Costos y recursos

Presupuesto de la investigación

Materiales gastables y equipos

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
RESMA DE PAPEL	4	RD \$ 200.00	RD \$ 800.00
BOLÍGRAFOS	5	RD \$ 50.00	RD \$ 250.00
CARPETAS	2	RD \$ 20.00	RD \$ 40.00
MEMORIA USB	1	RD \$ 1,000.00	RD \$ 1,000.00
ENCUADERNACIÓN	8	RD \$ 600.00	RD \$ 4,800.00
TINTAS DE IMPRESIÓN	2	RD \$ 1,000.00	RD \$ 2,000.00
COPIAS	1,000	RD \$ 1.50	RD \$ 1,500.00
		TOTAL, GENERAL	RD \$ 10,390.00

Anexo - D

Evaluación

Sustentante:

Asesores:

(Metodológico)

(Clínico)

Autoridades:

Dra.

Coordinador de la residencia

Dr.

Jefe Departamento

Dr.

Jefe de Enseñanza

Dra. Claridania Rodríguez
Coordinadora Unidad de pos grado y Residencias médicas

Dr. William Duke
Decano Facultad Ciencias de la Salud

Fecha de presentación: _____

Calificación: _____