



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
CENTRO MÉDICO NACIONAL "20 DE NOVIEMBRE"
INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIOS SOCIALES DE LOS
TRABAJADORES DEL ESTADO (ISSSTE)

TITULO

TESIS:

**PRONÓSTICO DE MORBILIDAD Y MORTALIDAD POSTOPERATORIA DE LOS
PARÁMETROS GASOMÉTRICOS Y NIVELES DE GLICEMIA DURANTE LA
CIRUCULACIÓN EXTRACORPÓREA EN PACIENTES SOMETIDOS A CIRUGÍA
CARDIACA.**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN:

CIRUGÍA CARDIOTORÁCICA

PRESENTA:

DR. JAIRO FABRIZIO VISCARRA LEON

DIRECTOR DE TESIS:

DR. JOSE LUIS ACEVES CHIMAL

CIRUGÍA CARDIOTORÁCICA

CENTRO MÉDICO NACIONAL "20 DE NOVIEMBRE"

REGISTRO 215.2022

CIUDAD DE MÉXICO. 2023





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

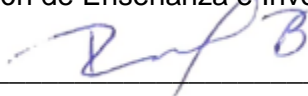
DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

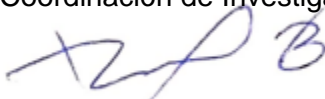
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**PRONÓSTICO DE MORBILIDAD Y MORTALIDAD POSTOPERATORIA DE LOS
PARÁMETROS GASOMÉTRICOS Y NIVELES DE GLICEMIA DURANTE LA
CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA EN PACIENTES SOMETIDOS A CIRUGÍA
CARDIACA.
RPI 215.2022**

Dra. Denisse Añorve Bailón
Subdirección de Enseñanza e Investigación



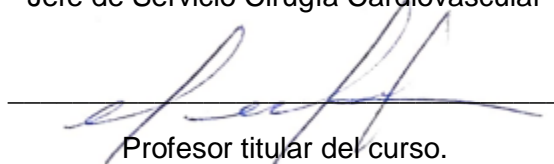
Dr. Paul Mondragón Terán
Coordinación de Investigación



Dr. José Luis Aceves Chimal
Encargado de la Coordinación de Enseñanza

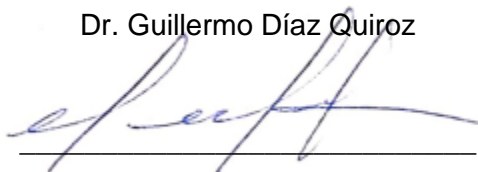


Dr. Guillermo Díaz Quiroz
Jefe de Servicio Cirugía Cardiovascular



Profesor titular del curso.

Dr. Guillermo Díaz Quiroz



Dr. José Luis Aceves Chimal

Tutor de Tesis



Agradecimientos

1. A mi tutor

Al Dr. José Luis Aceves Chimal. Jefe de Enseñanza del Hospital 20 de Noviembre, Sin su aguante y tenacidad, este trabajo no lo hubiese alcanzado tan rápido. Sus lecciones fueron siempre importantes, especialmente cuando no salían de mi pensamiento las ideas para escribir lo que hoy he alcanzado. Usted constituyó parte trascendental de este camino con sus aportaciones profesionales que lo identifican. Muy agradecido por sus innumerables palabras de aliento, cuando más las requerí; por estar en ese momento cuando mis horas de trabajo se hacían indefinidas. Gracias por sus disposiciones”

2. A los docentes

“Sus frases fueron ilustradas, sus sapiencias rigurosas y puntuales, a ustedes mis profesores queridos, les debo mis ilustraciones. Donde quiera que me encuentre, los trasladaré conmigo en mi camino profesional. Su simiente de conocimientos surgió en el alma y el aliento. Gracias por su filosofía, por cooperar con sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación constancia y paciencia.”

3. A mis padres

“Ustedes han sido eternamente la guía que impulsa mis sueños e ilusiones, quienes anduvieron siempre a mi lado en los días y noches más arduos durante mis horas de preparación. Perenemente han sido mis mejores mentores de vida. Hoy cuando concluyo mis estudios, les consagro a ustedes este logro amado padres, como un logro más alcanzado. Orgulloso de haberlos tenido como mis progenitores y que estén cerca en este momento tan significativo.

Gracias por ser quienes son y por creer en mí”

4. A mis compañeros:

“Mis amistades y compañeros de viaje, hoy termina este asombroso sueño y no dejare de recordar cuantos ocasin de trabajo nos unimos a lo largo de nuestra formación profesional. En este día nos toca terminar una sección extraordinaria en esta historia de nuestra existencia y no logro dejar mi agradecimiento por su soporte y perseverancia, al estar en las horas más arduas, por colaborar horas de estudio. Gracias por estar eternamente allí.

Índice

RESUMEN	5
PALABRAS CLAVE.....	5
INTRODUCCIÓN	6
MARCO TEÓRICO.....	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
JUSTIFICACIÓN	10
OBJETIVO GENERAL	11
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
POBLACIÓN	11
CRITERIOS DE SELECCIÓN	11
MATERIAL Y MÉTODOS.....	14
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	15
RESULTADOS.....	15
DISCUSIÓN	18
CONCLUSIÓN	21
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22

Resumen.

En cirugía cardíaca se somete al paciente a un procedimiento de Circulación Extracorpórea para mantener la oxigenación y circulación sanguínea sistémica para mantener un campo quirúrgico exangüe. Durante la CEC se producen trastornos metabólicos evaluados por parámetros gasométricos y de glicemia los cuales podrían servir para pronosticar morbilidad y mortalidad postoperatoria.

Objetivo: Determinar el valor pronóstico de morbilidad y mortalidad postoperatoria de los parámetros gasométricos y niveles de glicemia durante la circulación extracorpórea en pacientes sometidos a cirugía cardíaca.

Material y Método: Del registro de pacientes del servicio de cirugía cardiovascular seleccionamos los expedientes clínicos de pacientes que cumplieron con los criterios de selección. Registramos las siguientes variables: Edad, sexo, peso, parámetros gasométricos y de glicemia trans-CEC, tipo de cirugía, tiempo de CEC, morbilidad y mortalidad.

Resultados: Analizamos 20 pacientes de 60 ± 16 años. El 74% del sexo masculino y 26% del femenino. Todos los pacientes fueron portadores de factores de riesgo para enfermedad cardiovascular. La principal complicación postoperatoria fue deterioro hemodinámico que ameritó tratamiento inotrópico a dosis elevadas. Los valores gasométricos de glucosa y lactado mostraron incremento significativo de los niveles de glucosa y de lactato después de 60 minutos y desde los 30 minutos de CEC con una significativa fuerte y muy fuerte correlación ($r = .58$ y 0.75 , $p < 0.05$) con la morbilidad y mortalidad, así como mayor riesgo de desarrollar complicaciones (63%, IC95 = 2.8-5.1), así como diferencias significativas entre los pacientes con y sin complicaciones postoperatorias.

Conclusión: Los niveles de lactato y glucosa sérica durante la Circulación Extracorpórea tienen un valor pronóstico significativo de complicaciones postoperatorias en cirugía a corazón abierto.

Palabras Clave: Cirugía cardíaca, Circulación Extracorpórea, Morbilidad y Mortalidad.

Introducción:

Las cuantificaciones gasométricas en sangre venosas son consideradas el espejo del estado metabólico de la célula. Una incompleta entrega de oxígeno a los tejidos o un incremento en la tasa metabólica tisular, se vuelven en una mayor tasa de extracción de oxígeno incitando la bajada en los valores de saturación venosa (SvO_2), liberando primariamente componentes fisiológicos compensatorios que pretenderán compensar este cambio, que de permanecer, la célula entrara en hipoxia y en una etapa metabólica anaeróbica, induciendo a un pequeño uso de los sustratos energéticos y la elaboración de lactato, que impresionarán claramente en su medio ácido-base. (1-3)

Esta similitud entre la aportación y el consumo de oxígeno tisular ha sido la base para crear el control de las medidas gasométricas en sangre venosa central como la $SvcO_2$, los niveles de lactato sérico (Lac), el pH y la glicemia, los cuales son traídos en la habilidad clínica como fines para situar la reanimación en pacientes con fases de hipoperfusión como acontece durante y después a la circulación extracorpórea en cirugía cardiaca. (3)

Se ha informado sobre la necesidad de establecer mediciones gasométricas y de glicemia como guías del estado metabólico de los tejidos, con el objetivo de mejorar la contribución de oxígeno, volumen sanguíneo y tono vascular con tratamiento hídrico y farmacológico en pacientes sometidos a cirugía no cardiaca. En cirugía cardiaca, la valoración de estas medidas ha sido manejada para establecer la etapa metabólica y hemodinámica en la evolución postoperatoria durante los Cuidados Intensivos, pero no se ha definido la importancia de estas medidas gasométricas y de glicemia determinados durante la Circulación Extracorpórea para pronosticar morbilidad y mortalidad postoperatoria. En este estudio determina el valor pronóstico de morbilidad y mortalidad postoperatoria de los parámetros gasométricos y niveles de glicemia durante la circulación extracorpórea en pacientes sometidos a cirugía cardiaca. (4-8)

Marco Teórico

La cirugía a corazón abierto es el procedimiento estándar de oro para tratar valvulopatías, endocarditis infecciosa, enfermedades de la aorta torácica (Aneurismas y disección), enfermedades congénitas y cardiopatía isquémica. Para realizar la cirugía es necesario someter al paciente a un procedimiento de Circulación Extracorpórea (CEC) donde el flujo sanguíneo venoso del corazón derecho se deriva hacia un oxigenador sintético, donde se oxigena y después es bombeado hacia la circulación arterial sistémica mediante una cánula insertada en la aorta ascendente, manteniendo así la oxigenación del tejido y órganos sistémicos, manteniendo un campo quirúrgico en el corazón sin flujo sanguíneo o exangüe que permite realizar el procedimiento quirúrgico. (6)

Durante la CEC se mantiene contacto de la sangre con la superficie de los oxigenadores y tubería que deriva el flujo sanguíneo, desencadenando activación de la coagulación, incremento de la fibrinólisis, activación del complemento, activación y disfunción plaquetaria, además de someter al paciente a hipotermia, modificaciones en la calidad del volumen sanguíneo circulante y de presión de perfusión tisular (6)

Trastornos metabólicos y hemodinámicos producidos por la CEC

Los pacientes sometidos a estas cirugías pueden presentar complicaciones en diferentes sistemas. A nivel cardíaco se producen por factores como hipotermia sistémica, la cardioplejía utilizada, el estado de volemia del paciente, la repercusión de la anestesia sobre el corazón y el pinzamiento en la aorta. Los trastornos más frecuentes se originan en la conducción eléctrica del corazón, las bradiarritmias y los bloqueos auriculoventriculares, en especial en los reemplazos aórtico o mitral; las arritmias se generan por trastornos electrolíticos y ácido básicos, así como la hipertensión arterial en la revascularización miocárdica (4)

Las principales complicaciones pulmonares, como son hemotórax, neumotórax y edema agudo de pulmón, se deben a los agentes anestésicos, sedantes y analgésicos narcóticos

que producen depresión ventilatoria. El largo período que permanecen los pacientes en posición supina disminuye los volúmenes pulmonares por el cierre alveolar, causando colapso pulmonar. (3, 4) Los trastornos de la función renal se presentan por la perfusión inadecuada y la presencia de sustancias nefrotóxicas, aunque hay otros factores que influyen como la nefropatía previa, el tiempo de oclusión de la aorta, la duración de la cirugía y el comportamiento hemodinámico llevando a una falla renal aguda. Los efectos neurológicos se clasifican en los síndromes de disfunción transitoria y de daño persistente del sistema nervioso central (4)

Las complicaciones gastrointestinales tienen como factor etiológico una reducción de la perfusión en las vísceras abdominales dando como resultado hipoxia tisular, alteración funcional y lesión orgánica. También puede ocurrir hemorragia digestiva, infarto intestinal, perforación isquémica cecal, daño pancreático o hipoxia del hepatocito (4)

Trastornos gasométricos en CEC

Los gases sanguíneos venosos son considerados el espejo del estado metabólico de la célula. Una deficiente entrega de oxígeno a los tejidos o un aumento en la tasa metabólica tisular, se traducen en una mayor tasa de extracción de oxígeno provocando descenso en los niveles de saturación venosa (SvO₂) (1)

Trastornos metabólicos celulares durante la CEC

Una deficiente entrega de oxígeno a los tejidos o un aumento en la tasa metabólica tisular, se traducen en una mayor tasa de extracción de oxígeno provocando descenso en los niveles de saturación venosa (SvO₂)(1); mecanismos fisiológicos compensatorios contrarrestar la alteración, que de persistir, la célula entrará en hipoxia y su metabolismo se tornará anaeróbico, provocando una menor utilización de los sustratos energéticos y la producción de lactato, que afectarán directamente su entorno ácido-base (4)

Planteamiento del Problema

En cirugía a corazón abierto, es forzoso producir parada cardíaca y derivar la circulación sanguínea a un sistema de CEC para poseer un campo quirúrgico exangüe que permita visualizar las estructuras internas del corazón en el cual se ejecutará el procedimiento quirúrgico, manteniendo la perfusión del organismo con sangre oxigenada mediante un aparato que la bombea hacia la circulación sistémica. Para conseguir la parada cardíaca es ineludible someter al miocardio a isquemia fría mediante el pinzamiento de aorta ascendente mezclada con la infusión de una solución de cardioplejía fría a 4°C con muchos sustratos amortiguadores del metabolismo anaeróbico y minerales que disminuyen el daño celular derivado durante el estado isquémico del miocardio, aportando sustratos que admite la recuperación de la función de contracción celular del miocardio durante la reperfusión ulterior al despinzamiento aórtico. (4)

Las perturbaciones metabólicas celulares derivados por la isquemia fría y los sistémicos durante la circulación extracorpórea finalmente desencadenan trastornos metabólicos en los tejidos y órganos sistémicos, los cuales se pueden perpetuar en el postoperatorio requiriendo manejo definido para cuidar la homeostasia metabólica. Los parámetros gasométricos y de glicemia son indicadores de la fase metabólica tisular utilizados para optimar la aportación de oxígeno, volumen sanguíneo y tono vascular con tratamiento hídrico y farmacológico en pacientes sometidos a cirugía no cardíaca. (6-10)

En cirugía cardíaca, estos parámetros igualmente se han manejado para establecer la etapa metabólica y hemodinámica en el avance postoperatoria durante los Cuidados Intensivos, pero no se ha explicado la ventaja de estas medidas gasométricas y de glicemia durante la Circulación Extracorpórea para predecir morbilidad y mortalidad postoperatoria.

¿Cuál es el valor pronóstico de morbilidad y mortalidad postoperatoria de los parámetros gasométricos y niveles de glicemia durante la circulación extracorpórea en pacientes sometidos a cirugía cardíaca?

Justificación

Las medidas de gasometría sanguínea venosa son estimadas el modelo de la etapa metabólica de la célula. Una incompleta transmisión de oxígeno a los tejidos o una ampliación en la tasa metabólica tisular, se vuelven en una mayor tasa de extracción de oxígeno induciendo a una bajada en los niveles de saturación venosa (SvO₂), liberando primeramente unidades funcionales compensatorios que pretenderán equilibrar esta variación, que de permanecer, la célula ingresará en hipoxia y en una etapa metabólica anaeróbica, induciendo un menor manejo de los sustratos energéticos y la producción de lactato, que afectarán claramente su entorno ácido-base. (1-3)

Esta similitud entre la aportación y la demanda de oxígeno tisular ha sido la base para crear el monitoreo de medidas gasométricas en sangre venosa central como la SvcO₂, los niveles de lactato sérico (Lac), el pH y la glicemia, los cuales son manejados en la destreza clínica como fines para poner la reanimación en pacientes con estados de hipoperfusión como ocurre durante y posterior a la circulación extracorpórea en cirugía cardíaca. (4, 5)

En cirugía cardíaca la valoración de estas medidas únicamente ha sido consideradas para establecer la etapa metabólica y hemodinámica en la maniobra postoperatoria durante los Cuidados Intensivos, pero no se ha determinado el beneficio de estas medidas gasométricas y de glicemia determinados en la Circulación Extracorpórea para augurar morbilidad y mortalidad postoperatoria. (4, 5)

Realizamos la presente investigación para conocer la utilidad de los parámetros gasométricos y niveles séricos de glucosa durante la Circulación Extracorpórea para pronosticar la morbilidad y mortalidad postoperatoria en pacientes sometidos a cirugía cardíaca con Circulación Extracorpórea, con el fin de identificar estrategias que coadyuven en el manejo transoperatorio.

Objetivo General

Determinar el valor pronóstico de morbilidad y mortalidad postoperatoria de los parámetros gasométricos y niveles de glicemia durante la circulación extracorpórea en pacientes sometidos a cirugía cardiaca

Objetivos Específicos

En pacientes sometidos a cirugía cardiaca con CEC conocer:

- Parámetros gasométricos y de glicemia trans-CEC
- Tiempo de CEC
- La morbilidad y mortalidad postoperatoria

Diseño

Transversal, observacional, descriptivo, retrolectivo, analítico

Tiempo de ejecución

Desde el primero de enero 2023 al 30 junio del 2023.

Población

Pacientes con cardiopatía sometidos a cirugía cardiaca en el servicio de Cirugía Cardiovascular del CMN 20 de Noviembre del primero de julio del año 2022 al 31 de diciembre de 2022.

Criterios de selección

Criterios de inclusión:

- Pacientes mayores de edad hombres y mujeres.
- Pacientes sometidos a cirugía cardiaca con circulación extracorpórea

Criterios de exclusión:

- Pacientes con falla cardiaca severa preoperatoria.
- Pacientes con hipertensión pulmonar severa.

Criterios de eliminación:

- Expedientes de pacientes con información incompleta

Tamaño de muestra

Considerando que en la literatura médica (21) se informa que los niveles de hiperglicemia elevados tienen un valor para pronosticar complicaciones en pacientes sometidos a cirugía cardíaca tiene un valor pronóstico del 92%, utilizando una fórmula para proporciones para un poder de 0.80 y un error tipo I se requiere una población de estudio de 20 pacientes.

$$n = \frac{Z_{\alpha} + Z_{\beta} pq}{d^2}$$

Donde: $Z_{\alpha} = 1.96$; $Z_{\beta} = 0.84$; $p = 0.90$; $q = 1-p$; $d = 0.05$

Variables			
Independientes			
	Concepto	Tipo de Variable	Unidad de Medida.
Circulación Extracorpórea	Máquina que deriva la circulación sanguínea venosa hacia un oxigenador sintético para posteriormente bombear la sangre oxigenada a través de una cánula insertada en la aorta ascendente para mantener la circulación arterial sistémica.	Cualitativa	Nominal

Cirugía Cardíaca:	Procedimiento quirúrgico utilizado para la sustitución de válvulas cardíacas enfermas, restituir la circulación coronaria o corregir defectos anatómicos.	Cualitativa	Nominal
Parámetros Gasométricos trans-CEC	Cantidad de moléculas de compuestos bioquímicos contenidos en la sangre, los cuales se determinan mediante estudio de gasometría durante la circulación extracorpórea: pH, concentración arterial y venosa de oxígeno (PaO ₂ , PvO ₂), saturación de oxígeno (SatO ₂), presión arterial y venosa de bióxido de carbono (PaCO ₂), hemoglobina (Hb), lactato, bicarbonato (HCO ₃).	Cuantitativa	Intervalo
Glicemia Trans-CEC:	Concentración de glucosa en sangre durante la circulación extracorpórea.	Cuantitativa	Intervalo
Variables Dependientes			
	Concepto	Tipo de Variable	Unidad de Medida.
Morbilidad:	Presencia o desarrollo de eventos anormales durante un procedimiento médico o durante el desarrollo de una enfermedad.	Cualitativa	Nominal

Mortalidad:	Perdida de la vida durante un procedimiento médico o durante el desarrollo de una enfermedad.	Cualitativa	Nominal
Edad:	Tiempo que ha vivido una persona desde su nacimiento.	Cuantitativa	Intervalo
Sexo:	Características biológicas y fisiológicas que definen a hombres y mujeres.	Cualitativa	Nominal
Peso:	Características biológicas y fisiológicas que definen a hombres y mujeres.	Cualitativa	Nominal
Factores de riesgo para enfermedad cardiovascular:	Condición de enfermedad asociada al desarrollo de enfermedad cardiovascular: Dislipidemia, diabetes mellitus, hipertensión arterial, tabaquismo, obesidad.	Cualitativa	Nominal

Material y Métodos

El protocolo fue autorizado por los comités de Investigación, Ética y Bioseguridad. Del registro de pacientes del servicio de cirugía cardiovascular seleccionamos los expedientes clínicos de los pacientes sometidos a cirugía cardiaca con Circulación Extracorpórea del primero del primero de julio al 31 de diciembre de 2022.

Del expediente clínico registramos las siguientes variables: Edad, sexo, comorbilidad, parámetros gasométricos y de glicemia trans-CEC, tipo de cirugía, tiempo de CEC, morbilidad y mortalidad.

Análisis Estadístico

El análisis descriptivo se realizó con medida, desviación estándar y porcentajes. El análisis inferencial con correlación de Pearson, Rho de Spearman, t de Student y ANOVA. Utilizamos el programa estadístico SPSS v28.0 para sistema operativo Windows.

Resultados

Analizamos 20 pacientes de 60 ± 16 años. El 74% (n = 16) del sexo masculino y 26% (n = 6) del femenino. En la tabla 1 se muestran a los pacientes fueron portadores de factores de riesgo para enfermedad cardiovascular, predominando la Hipertensión Arterial (68%), Diabetes mellitus (58%) y Dislipidemia (47%). La principal complicación postoperatoria fue deterioro hemodinámico que amerito tratamiento inotrópico a dosis elevadas (Noradrenalina > 0.3 mcgrs/kg/minuto, vasopresina 0.07 U/minuto y dobutamina 10 mcgrs/kg/min). Los valores gasométricos de glucosa y lactado mostraron un incremento durante el tiempo de circulación extracorpórea, con incremento significativo de los niveles de glucosa y de lactato después de 60 minutos, en contraste con los valores de PH, PCO₂, PO₂ y Saturación de oxígeno. Tabla2 y Gráfico 1

Los niveles séricos de glucosa y lactato después de 30 minutos de Circulación Extracorpórea mostraron una significativa correlación alta y muy alta ($r > 50\%$, $p < 0.05$) con la morbilidad y mortalidad, así como mayor riesgo de desarrollarlas (RR > 3, IC95 = 2.8-5.1). Tablas 3 y 4

La comparación de los parámetros gasométricos, glucosa y lactato séricos entre los pacientes que desarrollaron trastorno hemodinámico postoperatorio (Morbilidad y mortalidad), mostró diferencias significativas únicamente después de 60 minutos de haber sometido al paciente a Circulación extracorpórea. El resto de parámetros gasométricos no mostraron diferencias significativas Tabla 5.

Tabla 1.- Factores de riesgo para enfermedad cardiovascular

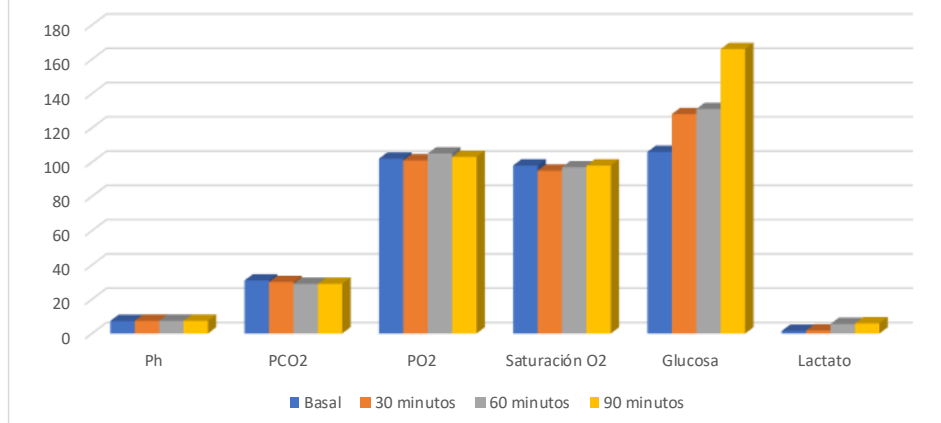
	n	%
Diabetes Mellitus	11	58
Hipertensión Arterial	13	68
Enfermedad Renal Crónica	2	11
Tabaquismo	3	16
Dislipidemia	9	47

Tabla 2.- Valores gasométricos y niveles de glucosa durante la Circulación Extracorpórea

	Basal	30 min	60 min	90 min	p
PH	7.3±0.04	7.4±0.05	7.4±0.03	7.43±0.04	0.45
PCO2 mmHg	31±4.2	30±3	29±2	29±4	0.12
PO2 mmHg	102±63	101±36	105±3.1	103±40	0.07
Saturación O2 %	98±1.6	95±5	97±3	98±3	0.71
Glucosa mg/dl	106±26	128±3	131±4	166±25	0.02
Lactato mmol/dl	1.5±1	1.8±0.9	5.6±0.8	5.9±0.8	0.03

PCO2: Presión de bióxido de carbono; PO2: Presión de Oxígeno; O2: Oxígeno; El valor de p fue calculado con prueba ANOVA

GRÁFICO 1.- Evolucion de parámetros gasometricos y de glucosa sérica durante la Circulacion Extracorporea



Los niveles de glucosa (p : 0.02) y lactato séricos (p: 0.03) mostraron elevacion significativa despues de 60 minutos de Circulacion Extracorporea en comparación con los niveles de pH, PCO2, PO2 Y Saturacion de Oxigeno.

Tabla 3.- Correlación de los parámetros gasométricos, niveles séricos de glucosa y lactato durante la Circulación Extracorpórea con la morbilidad y la mortalidad perioperatoria

	Tiempo de Circulación Extracorpórea					
	30 minutos		60 minutos		90 minutos	
	r	p	r	p	r	p
PH	0.33	0.14	0.32	0.39	0.37	0.28
PCO2 mmHg	0.28	0.29	0.26	0.53	0.28	0.39
PO2 mmHg	0.03	0.89	0.33	0.43	0.33	0.53
Saturación O2%	0.01	0.53	0.32	0.33	0.37	0.66
Glucosa mg/dl	0.50	0.04	0.58	0.03	0.75	0.01
Lactato > 5 mmol/dl	0.47	0.05	0.58	0.04	0.66	0.02

PCO2: Presión de bióxido de carbono; PO2: Presión de Oxígeno; O2: Oxígeno; La correlación se calculó con prueba Rho de Pearson

Tabla 4.- Riesgo de morbilidad y mortalidad de los parámetros gasométricos, niveles séricos de glucosa y lactato durante la Circulación Extracorpórea

	Tiempo de Circulación Extracorpórea					
	30 minutos		60 minutos		90 minutos	
	RR	IC ⁹⁵	RR	IC ⁹⁵	RR	IC ⁹⁵
PH	1.5	0.9-1.7	1.4	0.8-1.7	1.6	0.8-1.9
PCO2 mmHg	1.3	0.8-1.4	1.2	0.7-1.3	1.4	0.6-1.6
PO2 mmHg	1.0	0.7-1.4	1.5	0.8-1.7	1.5	0.6-1.8

Saturación O2%	1.0	0.8-1.3	1.4	0.7-1.6	1.6	0.7-1.9
Glucosa mg/dl	2.0	1.1-2.5	2.4	1.5-2.9	4.0	3.4-5.1
Lactato > 5 mmol/dl	1.9	0.9-2.2	2.4	1.2-2.8	3.1	2.8-3.8

PCO2: Presión de bióxido de carbono; PO2: Presión de Oxígeno; O2: Oxígeno; RR: Riesgo Relativo; IC: Intervalo de confianza 95.

Tabla 5.- Comparación de parámetros gasométricos y de glucosa entre pacientes con presentaron trastorno hemodinámico postoperatorio

	Basal		
	Trastorno Hemodinámico		p
	No	Si	
PH	7.3±0.05	7.4±0.06	0.74
PCO2 mmHg	30±4	32±5	0.68
PO2 mmHg	168±19	173±23	0.87
Saturación O2 %	98±1.3	98±1.7	0.95
Glucosa mg/dl	106±18	105±13	0.96
Lactato mmol/dl	2.6±1.1	2.3±0.8	0.53
	30 minutos		
	Trastorno Hemodinámico		p
	No	Si	
PH	7.4±0.04	7.4±0.06	0.73
PCO2 mmHg	31±2	39±2	0.42
PO2 mmHg	96±12	115±3	0.32
Saturación O2 %	95±0.2	96±0.3	0.89
Glucosa mg/dl	115±4	142±7	0.04
Lactato mmol/dl	1.8±0.5	6.9±0.6	0.02
	60 minutos		
	Trastorno Hemodinámico		p
	No	Si	
PH	7.4±0.02	7.4±0.03	0.82
PCO2 mmHg	28±2.1	29±1.5	0.78
PO2 mmHg	127±9	128±10	0.76
Saturación O2 %	97±2	98±1	0.92
Glucosa mg/dl	120±5	155±5	0.03
Lactato mmol/dl	2.4±0.5	7.2±1.9	0.01
	90 minutos		
	Trastorno Hemodinámico		p
	No	Si	
PH	7.4±0.01	7.4±0.02	0.75
PCO2 mmHg	29±2	28±1.4	0.83
PO2 mmHg	121±16	118±18	0.14
Saturación O2 %	99±0.9	98±0.7	0.76
Glucosa mg/dl	125±10	166±49	0.02
Lactato mmol/dl	2.1±1.2	7.6±1.7	0.01

PCO2: Presión de bióxido de carbono; PO2: Presión de Oxígeno; O2: Oxígeno; el valor de p fue calculado con prueba t de Student.

Discusión

La circulación Extracorpórea es un procedimiento indispensable en cirugía cardíaca para mantener un campo quirúrgico exangüe que permita realizar el procedimiento quirúrgico intracardiaco, sin embargo, a pesar de aportar perfusión sanguínea y oxigenación al organismo, lamentablemente no

sustituye completamente la función del corazón, propiciando un escenario fisiológico que tiende a producir deterioro metabólico vascular y celular evolutivo durante el tiempo en que se mantiene este apoyo circulatorio. (13-18)

A pesar de los avances tecnológicos y científicos para mantener el equilibrio ácido base sanguíneo, nutrición y oxigenación celular, la morbilidad y mortalidad postoperatoria en cirugía cardíaca continúa asociada a los trastornos metabólicos propiciados por la CEC. En este sentido, los parámetros gasométricos y los niveles de glicemia durante este apoyo circulatorio deberían ser puntualizados como marcadores pronósticos de las complicaciones postoperatorias. Específicamente en esta investigación observamos que los niveles de lactato > 5 mmol/dl y glicemia mostraron fuerte y muy fuerte relación con la morbilidad manifestada con trastorno hemodinámico que requirió inotrópicos positivos a dosis elevadas, además de predecir significativamente este tipo de trastorno hemodinámico por arriba de un Riesgo Relativo mayor de 70% ($RR > 3$, $IC95 = 2.8-5.1$) y diferencias significativas comparadas con los pacientes que no desarrollaron trastorno hemodinámico postoperatorio. Esta condición mórbida igualmente fue observada por Shinsaku y Galindo, que encontraron disfunción orgánica en las 72 horas postoperatorias cuando los niveles durante la Circulación Extracorpórea se encontraron arriba de 180 mg/dl, con un riesgo de complicaciones hemodinámicas elevado ($RR 5.6$, $IC95 2.4 -10.9$), igualmente similar al riesgo observado en los pacientes incluidos en nuestro estudio con riesgo elevado mayor de 3 veces de desarrollar hipotensión sostenida y requerimiento de aminas vasoactivas a dosis elevadas.. (22, 23)

Los parámetros gasométricos que evalúan el transporte de oxígeno y de la integridad del potencial transmembrana celular (Calcio, potasio y sodio) no mostraron asociación con la morbilidad y la mortalidad posiblemente debido a que su impacto a corto plazo puede ser corregido apropiadamente por el especialista en CEC, impidiendo que sus efectos se perpetúen. Sin embargo, por el contrario, los efectos de la hipoxia celular suelen pasar desapercibidos debido a que las mediciones gasométricas solo evalúan indirectamente el metabolismo celular, manifestándose las alteraciones en la producción de energía y consumo de oxígeno intracelular hasta que los mecanismos compensadores celulares fueron superados y en consecuencia su recuperación requiere mayor tiempo que eventualmente se manifestará posterior a la CEC, puesto que lógicamente los

mecanismos compensadores celulares y la hipoxia mitocondrial requieren mayor tiempo para su recuperación. (18-20)

Durante la CEC e hipotermia, el organismo usualmente se encuentra hipoperfundido y la función del complejo I de la cadena transportadora de electrones está habitualmente inhibida aumentando la generación de ATP, lo que se traduce en un incremento del VO₂ mitocondrial y consumo de glucosa, induciendo la liberación de radicales superóxido (O₂) desde el complejo III de la cadena transportadora de electrones que son convertidos en peróxido de hidrógeno (H₂O₂) y activan al factor inducible por hipoxia (HIF-1), que interviene en la homeostasia del oxígeno, facilitando su entrega a los tejidos. (20-23)

Por su parte, en conjunto con los trastornos en la mitocondria productora de ATP, el aumento del lactato en sangre refleja el grado de anaerobiosis asociado a la hipoxia tisular y es buen indicador del pronóstico de complicaciones metabólicas, específicamente cuando el paciente cursa con hiperlactacidemia con un mayor significado clínico, cuando la saturación venosa de oxígeno (SvO₂) que resume la saturación de la hemoglobina procedente de todo el organismo y expresa una oxemia tisular global aparente, pero con impacto intracelular severo. (19, 20)

Con base en los hallazgos de este estudio, consideramos vigilar estrechamente los niveles de lactato y de glicemia durante la CEC, para evitar que los niveles superen los 5 mmol/dl y de 130 mg/dl respectivamente, especialmente después de 30 minutos de haber iniciado la CEC, evitando así que las células endoteliales, de la musculatura lisa y células miocárdicas requieran de fármacos estimulantes para normalizar su función contráctil.

Limitaciones del estudio:

El tamaño de muestra evaluado en este estudio es bajo, y el diseño retrolectivo utilizado, usualmente propicia deficiencia en el registro de variables e incluso de la forma en que se evaluaron los parámetros hemodinámicos, así como del manejo aplicado a cada paciente, fuertemente dependiente del criterio del médico intensivista tratante.

Conclusión

Se comprobó que el aumento del lactato, glucosa en sangre durante la Circulación Extracorpórea refleja hipoxia tisular y es buen indicador del pronóstico de complicaciones metabólicas, así como, cuando la disminución de la saturación venosa de oxígeno (SvO₂) expresa un impacto intracelular severo; por lo que sus correcciones estrictas ayudan a proveer el pronóstico del paciente.

Referencias Bibliográficas

1. Van Beest P, Wietasch G, Scheeren T, Spronk P, Kuiper M. Van Beest P, Wietasch G, Scheeren T, Spronk P, Kuiper M. Clinical review: use of venous oxygen saturations as a goal - a yet unfinished puzzle. *Crit Care Lond Engl.* 2011;15(5):232.
2. Tipping R, Berry R, Nesbitt I. Mechanisms of hypoxaemia and the interpretation of arterial blood gases. *Surg Oxf.* 2012;10(30):505-11.
3. Rivers E, Nguyen B, Havstad S, Ressler J, Muzzin A, Knoblich B, et al. Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock. *N Engl J Med.* 8 de noviembre de 2001;345(19):1368-77.
4. Di Filippo A, Gonnelli C, Perretta L, Zagli G, Spina R, Chiostrì M, et al. Low central venous saturation predicts poor outcome in patients with brain injury after major trauma: a prospective observational study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 21 de mayo de 2009; 17:23.
5. Grocott MP, Dushianthan A, Hamilton MA, Mythen MG, Harrison D, Rowan K, et al. Perioperative increase in global blood flow to explicit defined goals and outcomes following surgery. *Cochrane Database Syst Rev [Internet].* 2012 [citado 22 de marzo de 2022] ;(11). Disponible
6. Silva Junior JM, Oliveira AMRR, de Moraes SZ, de Araújo LS, Victoria LGF, Marubayashi LY. Influence of Central Venous Oxygen Saturation on In-hospital Mortality of Surgical Patients. *Braz J Anesthesiol.* 1 de noviembre de 2010;60(6):593-602.
7. Grocott MP, Dushianthan A, Hamilton MA, Mythen MG, Harrison D, Rowan K, et al. Perioperative increase in global blood flow to explicit defined goals and outcomes following surgery. *Cochrane Database Syst Rev* 2012
8. A Trial of Goal-Oriented Hemodynamic Therapy in Critically Ill Patients. *NEJM* 2022.
9. Futier E, Robin E, Jabaudon M, Guerin R, Petit A, Bazin J-E, et al. Central venous O₂ saturation and venous-to-arterial CO₂ difference as complementary tools for goal-directed therapy during high-risk surgery. *Crit Care.* 2010;14(5): R193.

10. Mojcić CF, Levi JH: Aprotinin and the systemic inflammatory response after cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 2001; 71: 745–754
11. Varadarajan P, Kapoor N, Bansal RC, Pai RG. Survival in elderly patients with severe aortic stenosis is dramatically improved by aortic valve replacement: results from a cohort of 277 patients aged > or 80 years. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2006; 30: 722–7227
12. Byrne JG, Karavas AN, Filsoufi F, Mihaljevic T, Aklog L, Adams DH, Cohn LH, Aranki SF. Aortic valve surgery after previous coronary artery bypass grafting with functioning internal mammary artery grafts. *Ann Thorac Surg*. 2002; 73: 779–784.
13. Ranucci M. Perioperative renal failure: hypoperfusion during cardiopulmonary bypass? *Semin Cardiothorac Vasc Anesth* 2007; 11 (4): 265-8.
14. Heringlake M, Bahlmann L, Misfeld M, et al. High myocardial lactate concentration is associated with poor myocardial function prior to cardiopulmonary bypass. *Minerva Anesthesiol*. 2005; 71:775-83.
15. Kapoor P, Mandal B, Chowdhury U, Singh S, Kiran U. Changes in myocardial lactate, pyruvate and lactate-pyruvate ratio during cardiopulmonary bypass for elective adult cardiac surgery: Early indicator of morbidity. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol*. 2011; 27:225-32.
16. Pojar M, Mand'ak J, Cibicek N, et al. Peripheral tissue metabolism during off-pump versus on-pump coronary artery bypass graft surgery: The microdialysis study. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2008; 33:899-905.
17. Minton, J., & Sidebotham, D. A. Hyperlactatemia and Cardiac Surgery. *The Journal of Extra-Corporeal Technology*. 2016;49(1),7-15.
18. Harrois, O. Huet, J. Duranteau. Alterations of mitochondrial function in sepsis and critical illness. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2009;22: 143-149
19. M.P. Fink. Bench-to-bedside review. Cytopathic hypoxia. *Crit Care* 2002; 6: 491-499
Clinical review: use of venous oxygen saturations as a goal - a yet unfinished puzzle. *Crit Care Lond Engl*. 2011;15(5):232.
20. Tipping R, Berry R, Nesbitt I. Mechanisms of hypoxaemia and the interpretation of arterial blood gases. *Surg Oxf*. 2012;10(30):505-11.

21. Vogelzang M, Zijlstra F, Nijsten MW. Design and implementation of GRIP: a computerized glucose control system at a surgical intensive care unit. *BMC Med Inform Decis Mak* 2005; 19: 5-38.
22. Rodolfo J. Galindo, Maya Fayfman, Guillermo E. Umpierrez. Perioperative Management of Hyperglycemia and Diabetes in Cardiac Surgery Patients. *Endocrinol Metab Clin North Am.* 2018; 47(1): 203–222.
23. Shinsaku Matsumoto, Hiroki Omiya, Waso Fujinaka, Hiroshi Morimatsu. Association between intraoperative hyperglycemia and postoperative end-organ dysfunctions after cardiac surgery: a retrospective observational study. *J Anesth.* 2022 Apr;36(2):174-184.