

Artículo original

Impacto de los niveles máximos de lactato en cirugía cardíaca

Gabriel Erazo Vaca ^{1*}, Christian Calderón Jaime ¹¹ Servicio Anestesiología. Hospital Luis Vernaza, Guayaquil, Ecuador**Autor de Correspondencia:**

Gabriel Erazo Vaca*

Hospital Luis Vernaza, Loja y Escobedo.

gabrieleraozov@gmail.com

Resumen

Introducción: Los procesos patológicos subyacentes, el estrés de la cirugía y el uso de circulación extracorpórea pueden ser causa de hiperlactatemia, la cual puede originarse tanto por mecanismos hipóxicos como no hipóxicos. **Objetivo:** Determinar el impacto de los niveles máximos de lactato en pacientes que han sido sometidos a cirugía cardíaca en el Hospital Luis Vernaza. **Materiales y métodos:** Este estudio se caracteriza por ser prospectivo, no experimental, analítico, longitudinal y correlacional. La muestra del estudio incluye a todos los pacientes mayores de 18 años que han sido sometidos a cirugía cardíaca en el periodo comprendido entre agosto del 2021 y octubre del 2022 en el Hospital Luis Vernaza. Los datos serán tabulados mediante la elaboración de una plantilla de Excel, y los resultados serán posteriormente analizados utilizando IBM SPSS Statistics versión 25.0. Para evaluar la significancia de los resultados, se utilizará la prueba T de Student con un nivel de significancia establecido en $p < 0.05$. En cuanto a las variables cualitativas, se realizará un análisis descriptivo de frecuencia y porcentaje, y su valor p se determinará mediante la prueba chi-cuadrado. Resultados: El 50% de los pacientes sometidos a cirugía cardíaca presentan hiperlactatemia, y esta condición se encuentra asociada a mayores complicaciones intraoperatorias y postoperatorias inmediatas ($p = 0.047$). Discusión: La hiperlactatemia posterior a una cirugía cardíaca está relacionada con un mayor índice de mortalidad, un aumento del tiempo de circulación extracorpórea y un incremento en la incidencia de complicaciones, entre las que se destacan sangrado, complicaciones neurológicas, y falla renal. **Conclusiones:** Es importante conocer la relación entre los niveles elevados de lactato intraoperatorio temprano después de una cirugía cardíaca y las complicaciones asociadas, con el propósito de establecer pautas que permitan anticipar posibles consecuencias adversas o reducir la tasa de mortalidad.

Palabras claves: lactato, cirugía cardíaca, complicaciones intraoperatorias, complicaciones postoperatorias, hiperlactatemia.

Editor académico:

Dr. Jimmy Martin

Recibido: 13/9/23**Revisado:** 16/10/23**Aceptado:** 18/10/23**Publicado:** 30/10/23

Copyright: © 2023 por los autores. Presentado para su publicación en acceso abierto bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY). El uso, distribución o reproducción en otros foros está permitida, siempre que se cite la publicación original en esta revista.

Abstract

Introduction: Underlying pathological processes, surgical stress, and the use of extracorporeal circulation can be causes of hyperlactatemia, which can originate from both hypoxic and non-hypoxic mechanisms. **Objective:** Determine the impact of maximum lactate levels in patients who have undergone cardiac surgery at Luis Vernaza Hospital. **Materials and methods:** This study is characterized as a prospective, non-experimental, analytical, longitudinal, and correlational study. The study sample includes all patients over eighteen who have undergone cardiac surgery between August 2021 and October 2022 at Luis Vernaza Hospital. The data will be tabulated by creating an Excel template, and the results will be analyzed using IBM SPSS Statistics version 25.0. To assess the significance of the results, the Student t-test will be used with a significance level set at $p < 0.05$. Regarding qualitative variables, a descriptive analysis of frequency and percentage will be conducted, and their p-values will be determined using a chi-square test. Results: 50% of patients undergoing cardiac surgery present hyperlactatemia, and this condition is associated with higher immediate intraoperative and postoperative complications ($p = 0.047$). Discussion: Hyperlactatemia after cardiac surgery is related to a higher mortality rate, increased extracorporeal circulation time, and greater complications, among which bleeding, neurological complications, and renal failure stand out. **Conclusions:** It is important to understand the relationship between elevated early intraoperative lactate levels after cardiac surgery and associated complications, in order to establish guidelines that can anticipate potential adverse consequences or reduce the mortality rate.

Keywords: lactate, cardiac surgery, intraoperative complications, postoperative complications, hyperlactatemia.

Introducción

Existe un gran interés en comprender los cambios metabólicos observados durante cirugía cardíaca y el uso de circulación extracorpórea. Los procesos patológicos subyacentes, el estrés de la cirugía y el uso de circulación extracorpórea contribuyen a cambios metabólicos complejos, que pueden incluir un aumento en los niveles de lactato. El ácido láctico se localiza habitualmente en distintas estructuras del cuerpo, como tejidos, plasma y sangre, y su metabolismo es hepático, siendo producido por los eritrocitos, intestino, músculo esquelético, cerebro y piel. En el metabolismo anaeróbico, el piruvato, proveniente de la glucólisis, no se incorpora al ciclo de Krebs, pero su producto, el lactato, se convierte en ácido láctico a través de la enzima lactato deshidrogenasa, estimulada por el Factor Inducible por Hipoxia tipo 1 (1-4).

Los niveles altos de lactato sérico postoperatorio se han asociado previamente con un mayor riesgo de mortalidad postoperatoria después de la cirugía cardíaca, tanto en poblaciones pediátricas como en adultos, y con resultados desfavorables. Adicionalmente, el lactato sirve como un biomarcador y una posible herramienta de pronóstico en el entorno de cuidados agudos. En pacientes adultos quirúrgicos, se ha observado mayores tasas de mortalidad entre los pacientes donde sus niveles de lactato se normalizan más lentamente.

En particular, niveles de lactato que no se normalizan se han asociado con una tasa de mortalidad postoperatoria de aproximadamente el 20 % (5-8).

En la unidad de cuidados intensivos (UCI), con frecuencia se utiliza como biomarcador para guiar el manejo y pronosticar a los pacientes críticamente enfermo. El nivel normal de lactato en sangre es de 0 a 2 mmol/L, y se define la hiperlactatemia cuando el valor supera los 3 a 5 mmol/L. La elevación de los niveles de lactato en sangre después de una cirugía cardíaca es común y puede atribuirse a mecanismos hipóxicos y no hipóxicos. Estos incluyen, por ejemplo, la farmacoterapia, la cardioplejía, la derivación cardiopulmonar (DCP) y la hipotermia. La tasa de mortalidad a nivel mundial de los pacientes con hiperlactatemia tras cirugía cardíaca está estimada en 14%, pero varía significativamente en distintos lugares del mundo, como 3.1% en Marruecos, 5.6% en Colombia, el 14.4% en Taiwán, y el 14.9% en Australia. Por tal motivo, es importante mantener actualizada la información en nuestro país para poder correlacionarla con la información a nivel global (7,9,10) (8,11-14).

Existen distintas complicaciones asociadas a hiperlactatemia en pacientes sometidos a cirugía cardíaca, incluyendo complicaciones pulmonares, neurológicas, fibrilación auricular, y trastornos electrolíticos. Por lo tanto, es necesario el determinar su relación en pro de realizar detecciones óptimas, para tomar correcciones oportunas, y así, establecer medidas y decisiones radicales que puedan conllevar a un mejor desenlace posterior a la intervención quirúrgica (1,2,5).

Por ende, el objetivo principal de este estudio es determinar la relación entre los niveles de lactato y la incidencia de complicaciones tanto intraoperatorias como postoperatorias en pacientes que han sido sometidos a cirugía cardíaca.

Materiales y métodos

Este estudio, no experimental, analítico, longitudinal y correlacional, se llevó a cabo utilizando la base de datos del Hospital Luis Vernaza, utilizando el sistema operativo Servinte. El universo de estudio incluyó a un total de 165 pacientes que fueron sometidos a cirugía cardiovascular electiva en el Hospital Luis Vernaza durante el periodo del 1 de agosto del 2021 hasta el 31 de octubre del 2022. La población objetivo comprendió a 82 pacientes que cumplían con los criterios de inclusión. Fueron incluidos todos los pacientes de la población objetivo en este estudio.

Las variables analizadas en el estudio incluyeron las complicaciones, tanto intraoperatorias como en el periodo postoperatorio inmediato, el uso de inotrópicos, los niveles de lactato sérico en varios momentos (posterior a la inducción anestésica antes del procedimiento quirúrgico, antes de ingresar a la circulación extracorpórea, después de salir de la circulación extracorpórea, y al ingreso a cuidados intensivos inmediato).

Además, se consideró la diferencia entre el nivel máximo de lactato sérico intraoperatorio y el nivel basal de lactato (expresados en mmol/L), los procedimientos quirúrgicos que implicaron el uso de la circulación extracorpórea, el tiempo de circulación extracorpórea, la presencia de alteraciones electrolíticas, además de factores sociodemográficos como edad y sexo. Fueron incluidos pacientes mayores de 18 años sometidos a cirugía cardiovascular que requirieron circulación extracorpórea durante su procedimiento

Para evaluar la significancia estadística de las variables cuantitativas, se utilizó la prueba T de Student con nivel de significación establecido en $p < 0.005$. Para

la determinación de las variables con dos o más grupos, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) para correlacionar sus medias. Para la estimación de riesgos, se utilizaron tablas cruzadas, cuyos valores de corte del valor del diferencial lactato fue >2 mmol/L y < 2 mmol/L. En cuanto a las variables cualitativas, se realizó un análisis descriptivo de frecuencia y porcentajes, y su valor p es dado utilizando la prueba de chi-cuadrado. Todos estos cálculos fueron realizados utilizando IBM SPSS Statistics versión 25.0.

Resultados

El estudio incluyó un total de 82 pacientes en el periodo de 1 de agosto del 2021 a 31 de octubre del 2022. El análisis de los valores de lactato intraoperatorio demostró que el 95,1% de los pacientes experimentaron un incremento en comparación con sus niveles iniciales, mientras que el 4.9% mostró una reducción en dichos niveles. Además, el 50% de los pacientes del estudio presentaron hiperlactatemia.

Se dividió a todos los pacientes en 4 grupos según la variación de los niveles de lactato: grupo 1 (aquellos con una disminución o sin alteración en los niveles de lactato), grupo 2 (aquellos con un incremento de 0.1-0.9 mmol/L), grupo 3 (aquellos con un incremento de 1-1.9 mmol/L), grupo 4 (aquellos con un incremento ≥ 2 mmol/L). Los pacientes presentaron una alteración en sus niveles de lactato distribuida de la siguiente manera: en el grupo 1 (4.9%), grupo 2 (26.8%), grupo 3 (18.3%), y grupo 4 (50%).

Se observó una significancia estadística altamente notable ($p < 0.00$) entre los distintos grupos de lactato, destacándose una diferencia considerable entre sus valores medios. El género masculino destacó como el grupo más relevante del estudio con un 61%. La edad media promedio de los participantes fue 53.88 ± 12.8 años, y la edad más longeva de la investigación fue de 75 años. La mayoría de los pacientes fueron sometidos a reemplazo valvular aórtico (29.3%), seguido de la cirugía de Bentall (19.5%) y el reemplazo valvular + bypass coronario (9.8%). La mortalidad intraoperatoria en el estudio resultó en 3.7%, mientras que la tasa de mortalidad dentro de las 48 horas posteriores a la cirugía fue del 4.9%, lo que demostró una asociación entre los niveles elevados de lactato y la mortalidad global de los pacientes ($p=0.048$).

Los trastornos electrolíticos más comúnmente asociados fueron la hipercalemia (concentración sérica de potasio total >5.0 mEq/L), y la hipocalcemia (concentración sérica de calcio total <95 mEq/L), ambos presentes en el 25.9% de los casos. Les siguió la hiponatremia (concentración sérica de sodio total <135 mEq/L) con un 12.3%. En menor medida, se observaron la hipocalemia (concentración sérica de potasio total <3.5 mEq/L) y la hipocloremia (concentración sérica de cloro total <95 mEq/L), cada uno con 4.9%. Se realizó una prueba de chi-cuadrado para determinar la asociación entre los niveles de lactato elevado y los distintos trastornos electrolíticos, pero no se encontró asociación significativa ($p=0.255$).

El 58.6% de las complicaciones se presentaron en pacientes con niveles de lactato ≥ 2 mmol/L, en contraste, apenas el 5.2% de las complicaciones se presentaron en aquellos que no mostraron alteraciones en sus niveles séricos de lactato. Las complicaciones más frecuentes fueron las arritmias (21.1%), seguidas de sangrado (16,2%), hipertensión arterial (11.3%), complicaciones pulmonares (10.6%) y reintervención por sangrado (9.2%). Se observó una asociación entre los niveles más altos de lactato sérico y las complicaciones

asociadas a las mismas ($p=0.015$) demostrando que a mayor hiperlactatemia aumenta la probabilidad de desarrollar alguna complicación en el periodo intraoperatorio o en el postoperatorio inmediato de las cirugías cardiovasculares.

El uso de fármacos vasoactivos durante el periodo transoperatorio y postoperatorio inmediato es una práctica común en cirugía cardíaca, independientemente del nivel del lactato del paciente. En este estudio, el 73.2% de los pacientes requirieron terapia intensiva con soporte inotrópico, lo cual demostró una asociación entre su uso en cuidados intensivos y la hiperlactatemia ($p=0.013$).

El tiempo promedio de circulación extracorpórea (CEC) fue de 123.79 ± 62.60 minutos, consiguiendo una correlación positiva, lo que indica que mientras más aumenta el tiempo de CEC, es más probable que el nivel sérico de lactato sea elevado, debido a múltiples causas ($p < 0.001$). (Ver Tabla A.1)

Además, se llevaron a cabo evaluaciones de diversos riesgos, y nuestros resultados indican que el riesgo de mortalidad es 6 veces mayor en los pacientes que presentan hiperlactatemia tras cirugía cardíaca. De igual manera, se estableció que existe una probabilidad 1.4 veces mayor de desarrollar complicaciones si el paciente presenta hiperlactatemia en cirugía cardíaca. Finalmente, es 1.4 veces más probable de que el uso de fármacos vasoactivos desencadene niveles elevados de lactato sérico tras cirugía cardíaca (Ver Tabla 2).

Tabla 1: Tabla descriptiva de los pacientes con hiperlactatemia tras cirugía cardíaca.

Variable		Frecuencia (n)	Porcentaje (%)	Valor p
Grupos de Lactato	Menor o igual a 0 mmol/L	4	4.9	0.000 (ANOVA)
	0.01-0.9 mmol/L	22	26.8	
	1-1.9 mmol/L	15	18.3	
	Mayor a 2 mmol/L	41	50	
Sexo	Masculino	50	61	
	Femenino	32	39	
Tipo de Cirugía	Reemplazo valvular aórtico	24	29.3	
	Cirugía de Bentall	16	19.5	
	Otros	14	17.1	
	Reemplazo valvular mitral	9	11	
	Reemplazo valvular bypass coronario	8	9.8	
	Reemplazo valvular + plastia	6	7.3	
	Dos o más reemplazos valvulares	5	6.1	

Variable		Frecuencia (n)	Porcentaje (%)	Valor p
Trastornos Hidroelectrolíticos	Hipercalcemia	21	25.9	0.255
	Hipocalcemia	21	25.9	
	Hiponatremia	10	12.3	
	Hipercloremia	8	9.9	
	Hipercalcemia	7	8.6	
	Hipernatremia	6	7.4	
	Hipocalcemia	4	4.9	
Complicaciones	Hipocloremia	4	4.9	0.015
	Arritmias	30	21.1	
	Sangrado	23	16.2	
	Hipertensión Arterial	16	11.3	
	Complicaciones Pulmonares	15	10.6	
	Reintervención	13	9.2	
	Complicaciones Neurológicas	11	7.7	
	Falla Renal Aguda	11	7.7	
	Otros	10	7.04	
	Muerte	7	4.9	
Parada Cardíaca	6	4.2		
Uso de Inotrópicos	Si	60	73.2	0.013
	No	22	26.8	
Mortalidad	Si	7	4.9	0.048
	No	75	95.1	
Tiempo CEC	Tiempo CEC	123.79±62.60 min		0.000

Tabla 2: Estimación de riesgo de mortalidad, complicaciones y uso de inotrópicos en cirugía cardíaca en pacientes con hiperlactatemia.

		Valor	Intervalo de confianza de 95 %	
			Inferior	Superior
Diferencial mortalidad y lactato	Razón de ventajas para Diferencial_Riesg (0 / 1)	0.146	0.017	1.271
	Para cohorte Mortalidad_Si = 0	0.875	0.764	1.002
	Para cohorte Mortalidad_Si = 1	6.000	0.755	47.657
	N de casos válidos	82		
Diferencial lactato y complicaciones	Razón de ventajas para Diferencial Lactato (0 / 1)	0.291	0.104	0.809
	Para cohorte Complicaciones = No	0.412	0.191	0.886
	Para cohorte Complicaciones = Si	1.417	1.057	1.898
	N de casos válidos	82		
Diferencial lactato y uso de inotrópicos	Razón de ventajas para Diferencial Lactato (0 / 1)	0.268	0.092	0.780
	Para cohorte Inotrópicos = No	0.375	0.163	0.862
	Para cohorte Inotrópicos = Si	1.400	1.063	1.844
	N de casos válidos	82		

Discusión

El objetivo principal del estudio fue determinar el impacto existente entre el nivel máximo de lactato y las complicaciones intraoperatorias y postoperatorias en cirugía cardíaca, que alcanzaron un 58.6%. Esta relación se ha observado en otros contextos, como en Paraguay con 38.7%, mientras que, en India, la correlación entre las complicaciones y los niveles elevados de lactato tras cirugía cardíaca sobrepasa el 70%. Diversos estudios establecen de distinta manera la severidad de la hiperlactatemia, algunos clasificándola en 2 hasta 5 grupos con distintos valores para cada uno. Sin embargo, todos coinciden en establecer la hiperlactatemia cuando los valores de lactato sérico superan los 2 mmol/L. (2,9,15-17).

La prevalencia de hiperlactatemia en pacientes sometidos a cirugía cardíaca varía entre diferentes regiones del mundo. Por ejemplo, un 14.5% en Turquía, un 17% en Arabia Saudita, un 33.8% en Italia, un 38.6% en China, un 45.2% en Brasil y un 50% en Ecuador. En territorio americano, el género masculino oscila entre el 60 y el 70% de los casos. Un estudio guaraní demostró que el 61.2% de los pacientes fueron hombres, mientras que en Costa Rica fue de 69%. Por otro lado, en territorio asiático, específicamente en Bangladesh, fue de 64.9%, demostrando una superioridad del género masculino en este tipo de procedimientos (12,18-23).

Los pacientes adultos sometidos a cirugía cardíaca oscilan frecuentemente entre la quinta a la séptima década de vida, como lo demuestran diversos estudios a nivel mundial, incluido el estudio nacional. El uso de fármacos inotrópicos y vasopresores es muy frecuente en cirugías de alta complejidad, como las cirugías cardíacas, las cuales tienen tendencia a provocar vasoplejía. Estos fármacos se posicionan como primera línea en situaciones de inestabilidad hemodinámica. A pesar de aquello, su uso es variable, como lo demuestran estudios realizados en Marruecos, donde la presencia de estos fármacos está en 15.9%, mientras que en la India, se reporta en el 34%, lo que demuestra a su vez una gran diferencia con los estudios africanos y europeos, donde la cifra alcanza el 60%, resultado similar al obtenido en esta investigación (14,20-22).

Las cirugías valvulares simples son las cirugías más frecuentes asociadas a hiperlactatemia en pacientes adultos como lo demuestra un estudio japonés, que identificó que el 59.7% de los procedimientos quirúrgicos pertenecen a este grupo, mientras que en India alcanza el 42.8%, y en suelo taiwanés el 27.8%. El reemplazo valvular aórtico es el procedimiento más destacado, presente en el 50% de los pacientes, como lo establece un estudio polaco. En Inglaterra, esta cifra varía entre el 20 y el 30%, cifra similar a la obtenida en Ecuador. Por otro lado, el reemplazo valvular con bypass coronario, que en la investigación alcanzó el 10%, se encuentra en un rango entre 10-20% en investigaciones americanas, británicas y asiáticas (2,8,17,19,24,25).

Para la realización de las distintas cirugías intracardiacas, como las cirugías valvulares, Bentall o exceresis tumorales, se requiere el uso de la circulación extracorpórea (CEC) para lograr un campo quirúrgico óptimo y garantizar la seguridad intraoperatoria. Se ha correlacionado positivamente el tiempo en CEC y la elevación de los niveles de lactato sérico, ya que se ha demostrado que en pacientes que requirieron más de 120 minutos en CEC, la posibilidad de producirse un nivel elevado de lactato sérico es mayor, por tanto es un factor de riesgo para la presencia de complicaciones (10,26-29).

Las complicaciones se pueden presentar en cualquier procedimiento quirúrgico, siendo más frecuente en cirugías más complejas, por lo que las cirugías cardíacas no son una excepción. Por ejemplo, las arritmias, que se presentaron en un 21.1% en este estudio, se correlacionan con un estudio en la India (19.4%) y Bangladesh (33.3%). En cuanto al sangrado, se observa en el 10.7% de los pacientes con hiperlactatemia después de cirugía cardíaca en Turquía, en el 8.8% en Italia, y en el 16.2% en Ecuador, y un notable 25% en Paraguay. Las complicaciones pulmonares pueden variar desde un 10% en Marruecos hasta un 54.4% en Asia, mientras que en Ecuador se presentaron en un 10.6%. Los resultados obtenidos de las demás complicaciones asociadas se correlacionan con los distintos estudios internacionales cuyos valores se asemejan a los propuestos en este estudio (9,14,15,19-21).

Una de las complicaciones más importantes asociada a la presencia de hiperlactatemia en paciente sometidos a cirugía cardíaca es la mortalidad, la cual puede estar presente en un 3.8%, como lo demuestra un estudio suizo, mientras que a nivel territorial americano puede fluctuar entre 4.9% y el 13.6%, siendo suelo ecuatoriano el de menor porcentaje con 4.9%. Por su parte, en el continente europeo, oscila entre el 7.7% presente en el Reino Unido y el 20.4% en suelo neerlandés. En el continente asiático, el 14.4% se asocia a Taiwán y el 18.1% con territorio chino. La posibilidad de re-exploración de la herida quirúrgica debido a sangrado postoperatorio varía entre el 3.9% y 14.9% y tiende a ser más frecuente a medida que aumenta la hiperlactatemia en el postoperatorio de los pacientes sometidos a cirugía cardíaca (2,8,9,11,12,18,19,21,23,30).

Conclusiones

Es importante destacar el impacto que tiene la hiperlactatemia en pacientes sometidos a cirugía cardíaca, ya que se asocia con un aumento notable en las complicaciones tanto intraoperatorias, como postoperatorias inmediatas. Esto representa un mayor riesgo para el paciente tras el procedimiento quirúrgico, teniendo en cuenta que esas complicaciones acarrearán mayor tiempo de estancia hospitalaria, un mayor consumo de insumos y un aumento en la morbi-mortalidad de los pacientes. Además, se observó que el género masculino y las valvulopatías simples con el reemplazo valvular aórtico a la cabeza se relacionaron en mayor medida con niveles elevados de lactato. En relación con las complicaciones presentadas, las arritmias se presentaron en mayor medida, seguidas de las complicaciones a nivel pulmonar y neurológico, lo que supondría que necesitamos un enfoque integral de los pacientes tras su cirugía con el fin de que su recuperación sea lo más satisfactoria posible.

Los índices de mortalidad asociados a hiperlactatemia tras cirugía cardíaca pueden variar de acuerdo con la localidad estudiada, y esto puede ser debido a la idiosincrasia de la población, o en su defecto, por características propias de los pacientes o del procedimiento quirúrgico. En relación con los trastornos hidroelectrolíticos, se observó una asociación mayor con las alteraciones a nivel del calcio y del potasio, lo que podría abrir una puerta a futuros estudios enfocados exclusivamente en las alteraciones electrolíticas y su relación con la hiperlactatemia en cirugía cardíaca, dado que estos son muy escasos actualmente.

La relación directamente proporcional entre el tiempo de circulación extracorpórea y los niveles elevados de lactato después de la cirugía cardíaca está bien documentada. Es menester buscar alternativas que permitan disminuir

el tiempo que se requiere en circulación extracorpórea con el objetivo de reducir uno de los factores que podrían contribuir a la aparición de efectos adversos lesivos para el bienestar de los pacientes.

Finalmente, el uso de fármacos vasoactivos para mejorar la hemodinamia de los pacientes sometidos a cirugías cardíacas está íntimamente relacionado, ya que, estos pacientes son frágiles por su cardiopatía de base, o en su defecto, por el riesgo que la propia intervención general. Por tal motivo, es imprescindible determinar el manejo adecuado de estos fármacos con el fin de menoscabar la posibilidad de desarrollar hiperlactatemia como consecuencia de su uso prolongado.

Contribución de los autores

Erazo Vaca: Conceptualización, Metodología, Software, Análisis de datos, Investigación, Conservación metodología de los datos, Preparación del borrador original, Visualización, Supervisión, Aprobación del manuscrito final.
Calderón Jaime: Validación, Recursos, Revisión y Edición de la escritura, Administración del proyecto, Aprobación del manuscrito final.

Declaración ética

El presente estudio recibió las autorizaciones necesarias para ser realizado por el departamento de investigación del hospital. Toda la información fue tratada de forma anónima y confidencial para resguardar la protección de datos personales de los pacientes.

Declaración de disponibilidad de datos

Los datos que respaldan las conclusiones de este estudio están disponibles previa solicitud razonable al autor correspondiente. Los datos no están a disposición del público debido a restricciones éticas o de privacidad.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Financiamiento

Los autores declaran no recibir un financiamiento específico para la realización del presente estudio.

ORCID

Md. Gabriel Erazo Vaca <https://orcid.org/0000-0003-0161-0671>

Dr. Christian Calderón Jaime <https://orcid.org/0000-0002-4175-4250>

Referencias bibliográficas

1. Bakker J, Postelnicu R, Mukherjee V. Lactate Where Are We Now? Critical Care Clinics. 2020 Jan;36(1):115–24.
2. Govender P, Tosh W, Burt C, Falter F. Evaluation of Increase in Intraoperative Lactate Level as a Predictor of Outcome in Adults After Cardiac Surgery. J Cardiothorac Vasc Anesth. 2020 Apr;34(4):877–84.
3. Oh TK, Song IA, Jeon YT. Peri-operative serum lactate level and post-

- perative 90-day mortality in a surgical ICU: A retrospective association study. *Eur J Anaesthesiol.* 2020 Jan;37(1):31–7.
4. Pino RM, Singh J. Appropriate Clinical Use of Lactate Measurements. *Anesthesiology.* 2021 Apr 1;134(4):637–44.
 5. Andersen LW. Lactate Elevation During and After Major Cardiac Surgery in Adults: A Review of Etiology, Prognostic Value, and Management. *Anesth Analg.* 2017 Sep;125(3):743–52.
 6. Cheung AT, Stafford-Smith M, Heath M. Management of cardiopulmonary bypass - UpToDate [Internet]. [cited 2022 Nov 22]. Available from: <https://www.uptodate.com/contents/management-of-cardiopulmonary-bypass>
 7. Stephens EH, Epting CL, Backer CL, Wald EL. Hyperlactatemia: An Update on Postoperative Lactate. *World J Pediatr Congenit Heart Surg.* 2020 May;11(3):316–24.
 8. Yang HH, Chang JC, Jhan JY, Cheng YT, Huang YT, Chang BS, et al. Prognostic value of peak lactate during cardiopulmonary bypass in adult cardiac surgeries: A retrospective cohort study. *Tzu Chi Med J.* 2020;32(4):386–91.
 9. Azad M, Islam K, Quasem M. Evaluation of Blood Lactate Level as Predictor of Early Adverse Outcome after Cardiac Surgery under Cardiopulmonary Bypass. *Bangladesh Heart J.* 2019 Jun 25;34(1):25–30.
 10. Renew JR, Barbara DW, Hyder JA, Dearani JA, Rivera M, Pulido JN. Frequency and outcomes of severe hyperlactatemia after elective cardiac surgery. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery.* 2016 Mar;151(3):825–30.
 11. González AL, López L, Gonzáles Prieto G, Darlynnne A. Ácido láctico y asociación con la mortalidad en el posoperatorio de cirugía cardíaca. Estudio cohorte retrospectiva. *Acta colomb cuid intensiv.* 2022 Oct 1;22(4):283–91.
 12. Horak ACP, Ferretti-Rebustini RE de L, Oliveira LB de, Crespo JCL, Wilson AMMM, Oliveira JC, et al. Hyperlactatemia and worse outcomes in patients undergoing cardiac surgery: a retrospective cohort study. *Revista Paulista de Enfermagem [Internet].* 2022 Aug 19 [cited 2022 Dec 2];33(1). Available from: <https://publicacoes.abennacional.org.br/ojs/index.php/repen/article/view/119>
 13. Minton J, Sidebotham DA. Hyperlactatemia and Cardiac Surgery. *J Extra Corpor Technol.* 2017 Mar;49(1):7–15.
 14. Seghrouchni A, Atmani N, Moutakiallah Y, Belmekki A, El Bekkali Y, Houssa MA. Does severe hyperlactatemia during cardiopulmonary bypass predict a worse outcome? *Annals of Medicine and Surgery.* 2022 Jan 1;73:103198.
 15. Cardozo Jiménez DG, Yubero Cazzola RA, Okinaka Yokoyama S, Cardozo Jiménez DG, Yubero Cazzola RA, Okinaka Yokoyama S. Lactato como predictor de mortalidad en cirugía cardiovascular. *Revista Virtual de la Sociedad Paraguaya de Medicina Interna.* 2019 Sep;6(2):30–8.
 16. Duval B, Besnard T, Mion S, Leuillet S, Jecker O, Labrousse L, et al. Intraoperative changes in blood lactate levels are associated with worse short-term outcomes after cardiac surgery with cardiopulmonary bypass. *Perfusion.* 2019 Nov;34(8):640–50.
 17. Patra C, Chamaiah Gatti P, Panigrahi A. Morbidity After cardiac surgery under cardiopulmonary bypass and associated factors: A retrospective observational study. *Indian Heart J.* 2019;71(4):350–5.
 18. Algarni KD. The effect of hyperlactatemia timing on the outcomes after cardiac surgery. *Cardiothorac Surg.* 2020 Dec;28(1):18.
 19. Matteucci M, Ferrarese S, Cantore C, Cappabianca G, Massimi G, Mantovani V, et al. Hyperlactatemia during cardiopulmonary bypass: risk factors and impact on surgical results with a focus on the long-term outcome. *Perfusion.* 2020 Nov;35(8):756–62.
 20. Naik R, George G, Karuppiah S, Philip M. Hyperlactatemia in patients undergoing adult cardiac surgery under cardiopulmonary bypass: Causative factors and its effect on surgical outcome. *Ann Card Anaesth.* 2016;19(4):668.

21. Örki T, Baysal PK. Results and risk factors of high lactate level after open-heart surgery. undefined [Internet]. 2021 [cited 2022 Nov 22]; Available from: <https://www.semanticscholar.org/paper/Results-and-risk-factors-of-high-lactate-level-%C3%96rki-Baysal/fc3997e06eaca034fc7466b-5649c2b872497c499>
22. Tesfaye T, Mulu GB, Atinafu BT, Tarekegn FN, kebede WM. Hyperlactatemia and its adverse patient outcomes among patients who underwent cardiopulmonary bypass surgery at national cardiac centre Addis Ababa, Ethiopia 2021. Retrospective observational study [Internet]. 2021 [cited 2022 Dec 27]. Available from: <https://www.researchsquare.com/article/rs-651580/v1>
23. Wang S, Wang D, Huang X, Wang H, Le S, Zhang J, et al. Risk factors and in-hospital mortality of postoperative hyperlactatemia in patients after acute type A aortic dissection surgery. *BMC Cardiovascular Disorders*. 2021 Sep 11;21(1):431.
24. Duchnowski P, Hryniewiecki T, Kuśmierczyk M, Szymański P. The usefulness of perioperative lactate blood levels in patients undergoing heart valve surgery. *Kardiochir Torakochirurgia Pol*. 2019 Oct;16(3):114–7.
25. Noguchi S, Saito J, Hashiba E, Kushikata T, Hirota K. Lactate level during cardiopulmonary bypass as a predictor of postoperative outcomes in adult patients undergoing cardiac surgery. *JA Clinical Reports*. 2016 Nov 24;2(1):39.
26. Evans AS, Levin MA, Lin HM, Lee K, Weiner MM, Anyanwu A, et al. Prognostic Value of Hyperlactatemia and Lactate Clearance After Mitral Valve Surgery. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2018 Apr;32(2):636–43.
27. Flores-Boniche A, Solano-Arce J, Zeledón-Sánchez F, Méndez-Jiménez E, Alvarado-Arce M, Induni-López E, et al. Relación entre el tiempo de circulación extracorpórea y el pinzamiento aórtico con diferentes variables de evolución postquirúrgicas. *Acta Médica Costarricense*. 2020 Dec 18;62(4):166–73.
28. Miao Q, Wu DJ, Chen X, Xu M, Sun L, Guo Z, et al. Target blood pressure management during cardiopulmonary bypass improves lactate levels after cardiac surgery: a randomized controlled trial. *BMC Anesthesiology*. 2021 Dec 8;21(1):309.
29. Patmano G, BiNgöl T, Tercan M, Kaya A. The Effect of Serum Lactate and Lactate Clearance on Mortality in Cardiac Surgery Patients. *Turkiye Klinikleri J Cardiovasc Sci*. 2019;31(3):155–61.
30. Haanschoten MC, Kreeftenberg HG, Arthur Bouwman R, van Straten AHM, Buhre WF, Soliman Hamad MA. Use of Postoperative Peak Arterial Lactate Level to Predict Outcome After Cardiac Surgery. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2017 Feb;31(1):45–53.