

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE MEDICINA



**Correlación entre lactato sérico con el índice de perfusión
periférica por pletismografía en pacientes sometidos a
nefrectomía abierta electiva.**

Por

DRA. CECILIA BEATRIZ SUÁREZ BASTO

**Como requisito para obtener el grado de
ESPECIALISTA EN ANESTESIOLOGIA**

Febrero, 2025.

**CORRELACIÓN ENTRE LACTATO SÉRICO CON EL ÍNDICE DE
PERFUSIÓN PERIFÉRICA POR PLETISMOGRAFÍA EN PACIENTES
SOMETIDOS A NEFRECTOMÍA ABIERTA ELECTIVA.**

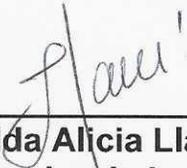
Aprobación de la tesis:



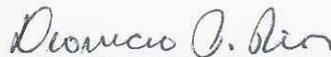
**Dra. Sughey Alvarado Gamboa.
Director de la tesis**



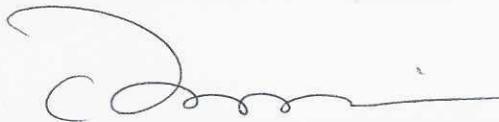
**Dra. Norma Guadalupe López Cabrera
Coordinador de Enseñanza.**



**Dra. Hilda Alicia Llanes Garza
Coordinador de Investigación**



**Dr. Med. Dionicio Palacios Ríos
Jefe de Servicio de Departamento**



**Dr. Med. Felipe Arturo Morales Martínez
Subdirector de Estudios de Posgrado**

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Cecilia y Jaime, por enseñarme que los éxitos siempre son consecuencia de la constancia y el esfuerzo; por todos los sacrificios que realizaron para apoyarme y motivarme durante mis estudios. Por estar siempre a mi lado, aún a la distancia.

A mi asesora de tesis y maestros que guiaron mi camino durante esta etapa, con sus correcciones, consejos y enseñanzas, siempre buscando un mejor desarrollo profesional y personal.

A mi novio, hermanos y amigos que contribuyeron de alguna forma en la realización de este trabajo, sin ustedes, no habría sido posible.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO	PÁGINA
1. RESUMEN.	7
2. INTRODUCCIÓN	8
2.1 Planteamiento del problema.9
2.2 Antecedentes.11
2.3 Justificación.	13
3. HIPÓTESIS	14
4. OBJETIVOS.15
5. MATERIAL Y MÉTODOS.	16
5.1 Diseño del estudio.	16
5.2 Criterios	16
5.3 Tamaño de la muestra.	18
5.4 Metodología.	19
5.5 Definición de variables.	20
5.6 Ética.21
5.7 Análisis de los datos.	21
6. RESULTADOS.	23
7. DISCUSIÓN.27
8. CONCLUSIÓN.	30
9. BIBLIOGRAFÍA.31
10. RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO.33

LISTA DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS PACIENTES.25

LISTA DE GRÁFICAS

GRÁFICA	PÁGINA
1. DISTRIBUCIÓN DEL ÍNDICE DE PERFUSIÓN INICIAL Y FINAL.26
2. RELACIÓN ENTRE LACTATO SÉRICO E ÍNDICE DE PERFUSIÓN PERIFÉRICA FINAL.	26

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA - Análisis de Varianza (*Analysis of Variance*).

ASA - Clasificación de la American Society of Anesthesiologists.

DE - Desviación Estándar.

ERC - Enfermedad Renal Crónica.

IC - Intervalo de Confianza.

IPP - Índice de Perfusión Periférica.

LDL - Lipoproteína de Baja Densidad (*Low-Density Lipoprotein*).

HDL - Lipoproteína de Alta Densidad (*High-Density Lipoprotein*).

ON - Óxido Nítrico.

PAS - Presión Arterial Sistólica.

PI - Índice de Perfusión.

PPI - Índice de Perfusión Periférica (*Peripheral Perfusion Index*).

SPSS - Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (*Statistical Package for the Social*

CAPÍTULO 1

RESUMEN

Dra. Cecilia Beatriz Suárez Basto. Diciembre 2024
Universidad Autónoma de Nuevo León

Título: Correlación entre lactato sérico con el índice de perfusión periférica por pletismografía en pacientes sometidos a nefrectomía abierta electiva.

Número de páginas: 49

Candidato al grado de MÉDICO ESPECIALISTA ANESTESIOLOGIA

Área de estudio: anestesiología

El presente estudio tuvo como objetivo principal analizar la correlación entre los niveles de lactato sérico y el índice de perfusión periférica (IPP) por pletismografía en pacientes sometidos a nefrectomía abierta electiva. Los resultados revelaron correlaciones variables, con una asociación negativa moderada entre el lactato final y el IPP final ($r = -0.31$), lo que sugiere que un descenso en el IPP podría estar relacionado con un incremento en los niveles de lactato.

La comparación con la literatura existente respalda el uso del lactato sérico como un marcador indirecto de hipoperfusión y destaca el potencial del IPP como herramienta complementaria. Estudios previos han documentado asociaciones similares entre estos marcadores en contextos quirúrgicos y críticos. No obstante, la sensibilidad del IPP a factores externos, como la hipovolemia y el uso de vasopresores, subraya la necesidad de interpretarlo en conjunto con otros indicadores clínicos.

Se recomienda que futuros estudios incluyan muestras más amplias y diseños prospectivos que evalúen de manera controlada las condiciones perioperatorias que afectan la perfusión tisular. Sería valioso incorporar otros marcadores fisiológicos, como saturación de oxígeno tisular o biomarcadores inflamatorios, para enriquecer la comprensión de las interacciones entre hipoperfusión y niveles de lactato.

CAPÍTULO 2.

INTRODUCCIÓN

La hipoxia es una condición en la cual existe una desregulación en el aporte de oxígeno hacia los tejidos, esencial para el metabolismo celular y la producción de energía en el cuerpo, trayendo consigo una disminución en la función celular y, si no se resuelve, puede llevar a daño o muerte celular(1).

Existen diferentes tipos de hipoxia, que pueden clasificarse en función de su causa o mecanismo. Algunos ejemplos comunes incluyen la hipoxia hipóxica o hipoxémica cuando hay una disminución en la cantidad de oxígeno disponible en el aire respirado, como en altitudes elevadas o en ambientes con poco oxígeno; la hipoxia anémica cuando hay una disminución en la capacidad de la sangre para transportar oxígeno, como en casos de anemia severa o intoxicación por monóxido de carbono; la hipoxia isquémica debido a una disminución en el flujo sanguíneo que lleva oxígeno a los tejidos, como en casos de obstrucción arterial o paro cardíaco y la hipoxia histotóxica cuando los tejidos no pueden utilizar el oxígeno disponible, a pesar de que está presente en cantidades adecuadas. Esto puede ser causado por sustancias tóxicas o medicamentos que interfieren con el metabolismo celular (1,2).

La hipoxia puede tener efectos perjudiciales en el cuerpo y, si no se trata adecuadamente, puede llevar a complicaciones graves e incluso la muerte, además en el postoperatorio inmediato puede representar una complicación grave y potencialmente peligrosa. Está asociada con varios riesgos que deben ser considerados. En primer lugar, la hipoxia puede causar disfunción en diversos órganos, incluyendo el cerebro, el corazón, los riñones y el hígado. La falta de oxígeno puede dañar las células y afectar la capacidad de los órganos para realizar sus funciones adecuadamente(3,4).

Además, la hipoxia puede comprometer el sistema cardiovascular, provocando una aceleración de la frecuencia cardíaca (taquicardia), hipotensión arterial (presión arterial baja) y disminución del gasto cardíaco. Esto puede afectar negativamente la

circulación sanguínea y la oxigenación de los tejidos (5).

La hipoxia también aumenta el riesgo de infecciones pulmonares, como la neumonía, debido a la debilidad del sistema inmunológico. Asimismo, la falta de oxígeno puede contribuir al desarrollo de atelectasias (colapso de los alvéolos pulmonares) y dificultades respiratorias (6,7).

En cuanto a la cicatrización de heridas, la hipoxia puede afectar la oxigenación de los tejidos alrededor de las incisiones quirúrgicas, lo cual puede retrasar el proceso de cicatrización y aumentar el riesgo de infección (6).

2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La hipoxia en el postoperatorio también puede prolongar el tiempo de recuperación, retardando la mejoría de los síntomas y la función general del paciente.

Para minimizar estos riesgos, es fundamental prevenir, identificar tempranamente y gestionar adecuadamente la hipoxia en el postoperatorio inmediato. El equipo médico debe estar alerta a los signos y síntomas de hipoxia, llevar a cabo una monitorización adecuada y tomar medidas rápidas para asegurar una adecuada oxigenación y función respiratoria del paciente (7).

Dentro de las herramientas para valorar la presencia de hipoxia está el lactato sérico, también conocido como ácido láctico sérico, es una medida de la concentración de lactato en la sangre (8,9). El lactato es un compuesto químico que se produce como resultado del metabolismo anaeróbico de la glucosa en los tejidos. En condiciones normales, el lactato se produce en pequeñas cantidades y se utiliza como fuente de energía por los músculos y otros tejidos.

Sin embargo, en situaciones de estrés, ejercicio intenso, falta de oxígeno o enfermedades, la producción de lactato puede aumentar, lo que resulta en niveles elevados de lactato sérico (10,11). Estos niveles elevados pueden ser indicativos de condiciones como la acidosis láctica, que puede estar asociada con trastornos metabólicos, insuficiencia respiratoria, shock o problemas circulatorios.

La medición del lactato sérico es una herramienta utilizada en medicina para evaluar la función metabólica y la perfusión tisular en diversas situaciones clínicas, como la sepsis, el trauma, la insuficiencia cardíaca o la hipoxia (3,5).

El uso del lactato sérico en la valoración de la hipoxia presenta varias ventajas significativas ya que es un marcador metabólico sensible que puede aumentar en presencia de hipoxia tisular (8). La medición de los niveles de lactato puede proporcionar una evaluación rápida y objetiva de la presencia de hipoxia en el organismo y puede detectarse y medirse en poco tiempo, lo que permite una evaluación temprana de la hipoxia (12). Esto es especialmente valioso en situaciones críticas o de emergencia, donde es fundamental identificar rápidamente la presencia de hipoxia y tomar las medidas adecuadas, además de que los niveles de lactato sérico pueden proporcionar información sobre la gravedad de la hipoxia. A medida que la hipoxia se vuelve más intensa o prolongada, es probable que los niveles de lactato aumenten proporcionalmente (9).

Aunque el lactato sérico es una herramienta valiosa en la valoración de la hipoxia, también presenta algunas desventajas a tener en cuenta ya que, si bien puede indicar la presencia de hipoxia, no es un marcador específico de esta condición. Los niveles elevados de lactato también pueden estar asociados con otros factores, como el ejercicio intenso, el estrés, la insuficiencia cardíaca, la sepsis u otras enfermedades metabólicas además que la interpretación de los niveles de lactato sérico puede ser complicada, ya que estos pueden variar en función de múltiples factores, como la edad, el metabolismo basal, la función hepática y renal, y el estado de hidratación del individuo (3,5,10).

Por otra parte, los niveles de lactato sérico pueden tardar en elevarse como respuesta a la hipoxia, lo que implica que la detección temprana de la condición puede ser limitada. Esto puede resultar en un retraso en la toma de decisiones y en la implementación de medidas de tratamiento adecuadas y por último la medición de los niveles de lactato sérico es un procedimiento invasivo, ya que se requiere una muestra de sangre, lo que puede generar cierta incomodidad para el paciente y restringir su uso en situaciones donde no es factible o práctico obtener muestras de sangre

frecuentes además de su procesamiento puede no ser del todo sencilla, ya que se requieren los equipos especializados (3).

Existen otras herramientas que pueden ser usadas en el quirófano para valorar la perfusión sanguínea como lo es la perfusión periférica por pletismografía, la cual es una técnica utilizada para evaluar el flujo sanguíneo en los vasos periféricos. Es una relación entre el flujo pulsátil y el no pulsátil y se basa en la medición de los cambios volumétricos en los tejidos periféricos para estimar la perfusión sanguínea (13).

La pletismografía implica la detección de cambios en el volumen de un órgano o tejido mediante el uso de sensores especiales. En el caso de la perfusión periférica, se utilizan sensores colocados en los dedos, donde se detectan los cambios en el volumen de los vasos sanguíneos durante el ciclo cardíaco (13,14).

La técnica de pletismografía se basa en el principio de que el volumen sanguíneo en los vasos periféricos varía con cada latido cardíaco. Al medir estos cambios volumétricos, se obtiene una estimación indirecta del flujo sanguíneo periférico siendo útil en diversas aplicaciones clínicas, como la evaluación de la función vascular, la detección de trastornos circulatorios periféricos y la monitorización de la respuesta a tratamientos o intervenciones médicas. (13,15)

2.2 ANTECEDENTES

En estudio realizado en Corea en el 2018 en pacientes con bypass coronario se observó que la saturación de oxígeno en los tejidos periféricos por un medidor de oxigenación tisular tenar puede ser una herramienta confiable para monitorear la hipoperfusión sistémica durante el período de bomba de circulación extracorpórea que se asociaba al aumento en los niveles de lactato, mostrando una relación inversa en los niveles de saturación periférica con una asociación media a fuerte ($R = -0.37$). Los autores recalcan que la saturación de oxígeno en los tejidos periféricos es un indicador valioso para detectar las etapas tempranas de hipoperfusión durante la cirugía cardíaca (16).

En otro estudio se evaluó el uso del índice de perfusión con oxímetro en pacientes con

presencia de shock hemorrágico en donde se midió el índice de perfusión (PI) con un oxímetro de pulso en 338 pacientes y se registraron parámetros de laboratorio entre los que se encontraban la hemoglobina, hematocrito, lactato, déficits de base, pH y parámetros clínicos; se observó una correlación negativa con el lactato ($p < 0.05$; $r: -0.117$), además de que 31 pacientes con un índice menor a 1 recibieron transfusión sanguínea en las primeras 24 horas ($p < 0.001$; odds ratio 111.98, sensibilidad 75.6%, especificidad 97.3%, valor predictivo positivo 79.5%, valor predictivo negativo 96.7%) (17,18).

Sin embargo, el índice de perfusión periférica (PPI) se ve afectado por varios factores como lo puede ser hipovolemia. En pacientes con bajo volumen sanguíneo intravascular [en comparación con los pacientes con volumen sanguíneo intravascular normal] se asocian con una disminución de 1.8 unidades en la media del Índice de Perfusión Periférica (18) además que algunos estudios han observado que en la presencia de hipotensión intraoperatoria el PPI se ve aumentando en respuesta a los mecanismos compensatorios y que esto puede ser usado como un predictor de hipoperfusión (19). También se ha observado que los pacientes con enfermedad renal crónica (ERC) tienen una disminución del índice de reserva de perfusión (19).

En el contexto de una nefrectomía, mantener una adecuada perfusión a fin de evitar el daño tisular es vital ya que se ha observado que en pacientes en donde la perfusión está comprometida, la nefrectomía se asocia a un mayor riesgo de 4.58 veces más lesión renal aguda (20) además que la presencia de hipotensión se asoció a un mayor riesgo de lesión renal en cirugía no cardíaca (21).

Es por esto por lo que el contar con herramientas precisas para determinar la presencia de hipoperfusión se vuelve esencial, sin embargo, en la actualidad y en la mayoría de los medios hospitalarios esto se ve limitado a la medición del lactato.

Aunado a esto los estudios que pretenden valorar herramientas alternativas como el índice de perfusión periférica por pletismografía, muestran resultados que pueden caer en la contradicción, sumado a que la muestra usualmente suele ser pequeña y que en algunos casos existen deficiencias metodológicas.

Otro detalle para destacar es que hasta el momento en nuestro país no existen estudios que traten de correlacionar los valores obtenidos en el índice de perfusión periférica por pletismografía con aquellos del lactato sérico.

Por lo que el objetivo de este estudio es correlacionar los valores entre lactato sérico con el índice de perfusión periférica por pletismografica en pacientes sometidos a nefrectomías electivas.

2.3 JUSTIFICACIÓN

La correlación entre los valores de lactato sérico y el índice de perfusión periférica por pletismografía en pacientes sometidos a nefrectomías electivas se justifica por varias razones. En primer lugar, el lactato sérico es un indicador de la perfusión tisular y puede revelar la presencia de hipoperfusión. Al medir el índice de perfusión periférica por pletismografía, se obtiene una evaluación directa de la perfusión en los tejidos periféricos, y a diferencia de la medición del lactato sérico, ésta es continua y no invasiva; además, esta correlación puede identificar posibles complicaciones. La disminución de la perfusión tisular durante el procedimiento quirúrgico puede estar asociada con complicaciones postoperatorias, como disfunción renal o insuficiencia orgánica.

Otra razón para estudiar esta correlación es optimizar la estrategia quirúrgica. El monitoreo de la perfusión tisular durante la nefrectomía puede guiar la toma de decisiones quirúrgicas. Si se detecta una disminución en la perfusión mediante la medición del índice de perfusión periférica, se pueden realizar ajustes en el flujo sanguíneo o la presión arterial, e incluso considerar la posibilidad de cambiar de una nefrectomía total a una nefrectomía parcial, según sea necesario. Además de que contar más herramientas en el manejo y detección de la hipoperfusión tisular mejorará los resultados para el paciente. Al comprender la relación entre el lactato sérico y el índice de perfusión periférica, se pueden implementar estrategias perioperatorias adecuadas para optimizar la perfusión y reducir el riesgo de complicaciones postoperatorias. Esto puede conducir a mejores resultados y una recuperación más exitosa para los pacientes sometidos a nefrectomías electivas.

CAPÍTULO 3

HIPÓTESIS

Hipótesis alterna

Existe una correlación negativa entre el aumento del lactato sérico y la disminución del índice de perfusión periférica por pletismografía en pacientes sometidos a nefrectomía abierta electiva.

Hipótesis nula

No existe una correlación negativa entre el aumento del lactato sérico y la disminución del índice de perfusión periférica por pletismografía en pacientes sometidos a nefrectomía abierta electiva.

CAPÍTULO 4

Objetivo General

Correlacionar los valores entre lactato sérico con el índice de perfusión periférica por pletismografía en pacientes sometidos a nefrectomía abierta electiva.

Objetivos Secundarios

- Determinar los datos demográficos de pacientes sometidos a nefrectomía abierta electiva.
- Determinar los signos vitales durante el procedimiento y posterior a la cirugía en pacientes sometidos a nefrectomía abierta electiva.
- Determinar la presencia de complicaciones (sangrado, reintubación, hipertensión, hipotensión, bradicardia y taquicardia, egreso de quirófano con ventilación mecánica, requerimiento de vasopresores) en pacientes sometidos a nefrectomía abierta electiva.
- Determinar el tiempo de estancia en cuidados postquirúrgicos en pacientes sometidos a nefrectomía abierta electiva.

CAPÍTULO 5

MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 DISEÑO DEL ESTUDIO

Tipo y diseño de estudio: observacional, prospectivo, analítico

Lugar y sitio: Departamento de Anestesiología, del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”.

Número de participantes: 24 pacientes

Características de la población: Pacientes sometidos de manera electiva a nefrectomía abierta valorados por parte del Departamento de Anestesiología, del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”.

5.2 CRITERIOS

Criterios de inclusión:

- Pacientes mayores de 18 años
- ASA I, II y III
- Todos los expedientes de pacientes que serán sometidos a nefrectomía abierta electiva a partir de marzo del 2024 a agosto del 2024
- Pacientes que en su expediente se encuentren los resultados de laboratorio en donde se reporte lactato sérico arterial postoperatorio y las mediciones de índice de perfusión periférica por pletismografía

Criterio de exclusión:

- Expedientes que correspondan a Menores de edad.
- Pacientes que fallecen durante el preoperatorio o intraoperatorio.

- Pacientes que tengan diagnóstico de enfermedad pulmonar previo al ingreso a quirófano
- Pacientes que se encuentre en sepsis o shock séptico previo a su ingreso a quirófano
- Pacientes con politraumatismo previo a su ingreso a quirófano
- Pacientes con enfermedad renal estadio IV, V o que se encuentren en terapia de remplazo renal
- Pacientes con rabdomiólisis
- Pacientes con alguna clase de miositis
- Pacientes con riñones supernumerarios
- Pacientes con enfermedad poliquística renal
- Pacientes con enfermedades autoinmunes
- Pacientes que previo a su ingreso a quirófano hayan estado en unidad de cuidados intensivos
- Pacientes incapaces de tomar decisiones (se incluyen aquí pacientes con deterioro cognitivo mayor o demencia diagnosticada) o que cuenten con un tutor
- Pacientes que no firmen el consentimiento informado
-

Criterios de eliminación

- Expedientes incompletos o con información insuficiente

5.3 TAMAÑO DE MUESTRA

Se llevó a cabo un cálculo del tamaño de muestra necesario para un análisis de correlación a una cola con el objetivo de correlacionar el lactato sérico con el índice de perfusión periférica por pletismografía en pacientes sometidos a nefrectomía abierta electiva. Los parámetros empleados en este cálculo se obtuvieron del artículo "*Correlation between regional tissue perfusion saturation and lactate level during cardiopulmonary bypass*"¹⁶, en el cual se encontró que en una población similar a la que se pretende investigar, se reportó un coeficiente de correlación de $r=0.34$, con un nivel de significancia (alpha) del 5% y una potencia del 95%. El tamaño total de muestra necesario para alcanzar una significancia estadística es de **24 pacientes**.

Según la literatura seleccionada, este tamaño de muestra es adecuado para detectar diferencias estadísticamente significativas en el desenlace primario.

Options: exact distribution

Analysis: A priori: Compute required sample size

Input:	Tail(s)	=	One
	Correlation ρ H1	=	0.6082763
	α err prob	=	0.05
	Power (1- β err prob)	=	0.95
	Correlation ρ H0	=	0
Output:	Lower critical r	=	0.3437826
	Upper critical r	=	0.3437826
	Total sample size	=	24
	Actual power	=	0.9523150

Muestreo

Se realizó un muestreo no probabilístico de pacientes que cumplan los criterios de selección durante el periodo de 01 de marzo 2024 al 31 de agosto 2024.

5.4 METODOLOGÍA

Se captaron a los pacientes que fueron sometidos a nefrectomía abierta de manera electiva entre el 1 de marzo de 2024 y el 30 de octubre de 2024 en el Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”.

Este estudio se llevó a cabo utilizando un diseño prospectivo, analítico y observacional. Se seleccionó una muestra de pacientes adultos que cumplieron con los criterios de inclusión previamente descritos.

Se recopilaron los datos necesarios a partir de las historias clínicas y registros médicos de los pacientes seleccionados. Se registraron la edad, el género y los antecedentes médicos relevantes de cada paciente. Además, se recabaron de los expedientes y se registraron los niveles numéricos de lactato sérico arterial postoperatorios, junto con las unidades de medida, así como los valores numéricos del índice de perfusión periférica obtenidos por pletismografía y las unidades de medida correspondientes. La realización de dichos exámenes durante el perioperatorio fue únicamente decisión del anesthesiólogo tratante, en caso de que lo considerara pertinente.

Se registraron las variables de signos vitales (frecuencia cardíaca, temperatura, presión arterial sistólica, presión arterial diastólica, presión arterial media), así como valores de laboratorio (biometría hemática, química sanguínea, pruebas de función renal y gasometría arterial).

Se registraron las complicaciones definidas como sangrado, falla en la extubación, reintubación, hipertensión, hipotensión, bradicardia, taquicardia, egreso de quirófano

con ventilación mecánica y requerimiento de vasopresores; además, se cuantificó el tiempo de estancia en cuidados postoperatorios o si requirió ingreso a unidad de cuidados intensivos.

La información se vació en una tabla de datos EXCEL 2010 codificando las variables cualitativas. Las variables cuantitativas se tomaron en cuenta hasta el segundo decimal. Los datos fueron resguardados tanto por el tesista como por el investigador principal. Una vez terminada la recolección, los datos fueron transferidos a SPSS versión 20 para su análisis estadístico.

Posteriormente, se realizó un análisis estadístico para evaluar la correlación entre los niveles de lactato sérico y el índice de perfusión periférica. Se empleó el coeficiente de correlación de Pearson para determinar la fuerza y la dirección de la correlación entre estas variables. Se consideró que existió una correlación negativa significativa si el valor de p obtenido fue menor a 0.05, indicando una asociación inversa entre los niveles de lactato sérico y el índice de perfusión periférica.

5.5 DEFINICIÓN DE VARIABLES

Variable dependiente: Índice Internacional de Función Eréctil (IIEF)

Variables independientes: Riesgo Cardiovascular

- **Lactato sérico arterial postoperatorio**
 - **Definición:** Concentración de ácido láctico en sangre arterial medida después de la cirugía.
 - **Tipo:** Cuantitativa continua.
- **Índice de perfusión periférica (IPP)**
 - **Definición:** Relación entre el flujo pulsátil y el flujo no pulsátil medido por pletismografía.
 - **Tipo:** Cuantitativa continua.

- **Complicaciones postoperatorias**
 - **Definición:** Eventos adversos relacionados con el procedimiento quirúrgico, como sangrado, hipertensión, hipotensión, bradicardia, taquicardia, ventilación mecánica o uso de vasopresores.
 - **Tipo:** Cuantitativa continua.
- **Datos demográficos**
 - Edad: Cuantitativa continua.
 - Género: Cualitativa nominal.

5.6 ÉTICA

El presente proyecto de investigación se sometió a evaluación por el Comité de Ética en investigación y Comité de Investigación del Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González” para su valoración y aceptación.

Este estudio se realizó en seres humanos y prevaleció el criterio de respeto a su dignidad y la protección de sus derechos considerando el reglamento de la Ley General de Salud en Materia de investigación para la salud en su artículo 17.

La información de los pacientes fue estrictamente confidencial y solo fue conocida por las personas que trabajaron en el protocolo; se utilizaron las iniciales del nombre del paciente y registro para proteger su identidad y evitar el mal uso de los datos personales, ya que el estudio solo pretendió obtener datos con fines estadísticos y demográficos.

No se expuso a riesgos ni daños innecesarios al partícipe. Se hizo uso correcto de los datos y se mantuvo absoluta confidencialidad de estos. Esto de acuerdo con la Ley Federal de Protección de Datos Personales, a la NOM-004-SSA3-2012, Del expediente clínico (apartados 5.4, 5.5 y 5.7).

5.7 ANÁLISIS DE DATOS

Análisis estadístico e interpretación de la información

Para el análisis univariado se determinaron las medidas de tendencia central (media,

mediana, desviación estándar o rango intercuartílico según correspondiera) para las variables numéricas. Las variables categóricas se analizaron con frecuencia y porcentaje. La normalidad de las variables continuas se evaluó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para el análisis bivariado se utilizó t de Student o U de Mann-Whitney para variables cuantitativas y para las variables categóricas se empleó chi cuadrado. Posteriormente, se realizó un análisis estadístico para evaluar la correlación entre los niveles de lactato sérico y el índice de perfusión periférica. Se empleó el coeficiente de correlación de Pearson para determinar la fuerza y la dirección de la correlación entre estas variables. Se consideró que existió una correlación negativa significativa si el valor de p obtenido fue menor a 0.05, indicando una asociación inversa entre los niveles de lactato sérico y el índice de perfusión periférica.

CAPÍTULO 6

RESULTADOS

En el siguiente estudio se incluyeron un total a 33 pacientes. La edad promedio fue de 58 años (DE = 12). En cuanto a la distribución por sexo, el 52% fueron mujeres (n = 17) y el 48% hombres (n = 16). Respecto al tipo de cirugía realizada, el 58% (n = 19) de los pacientes se sometieron a una cirugía radical, el 21% (n = 7) a una cirugía parcial, y el 21% (n = 7) a una cirugía simple.

En términos de localización anatómica, el 45% (n = 15) de los procedimientos se realizaron en el lado derecho y el 55% (n = 18) en el lado izquierdo. El índice de perfusión (IP) inicial promedio fue de 3.27 (DE = 2.89), mientras que el lactato inicial tuvo un promedio de 1.14 mmol/L (DE = 0.45). Posteriormente, el IP final mostró una disminución a 1.73 (DE = 1.55) y el lactato final presentó un aumento a 1.87 mmol/L (DE = 0.95).

El 27% (n = 9) de los pacientes presentó complicaciones postoperatorias. De las cuales, la más frecuente fue la transfusión de componentes hemáticos en el 24% (n = 8) de los pacientes, con un sangrado promedio de 455 mL (DE = 423). Otras complicaciones incluyeron requerimiento de fármacos vasopresores (15%, n = 5), estancia en cuidados intensivos (6%, n = 2), egreso de quirófano con ventilación mecánica (3%, n = 1) y reintubación (3%, n = 1). En cuanto a los diagnósticos principales, el 70% (n = 23) correspondió a tumores de comportamiento incierto, seguido por tumores de pelvis renal en el 9.1% (n = 3). Otros diagnósticos incluyeron cálculos renales (6.1%, n = 2), abscesos renales (3.0%, n = 1), abscesos renales y perirrenales (3.0%, n = 1), hidronefrosis (3.0%, n = 1), exclusión renal (3.0%, n = 1) y tumor renal (3.0%, n = 1).

El análisis de correlación entre el índice de perfusión (IP) y los niveles de lactato, tanto iniciales como finales, muestra relaciones variables y distribuciones específicas de cada variable. El IP inicial presenta una distribución sesgada hacia la izquierda, mientras que los niveles de lactato inicial y final tienen distribuciones más

concentradas, aunque el lactato final tiende a valores más altos en comparación con el inicial. Por otro lado, el IP final tiene una distribución más amplia con una ligera tendencia a valores más bajos.

En cuanto a las correlaciones entre las variables, la relación más significativa se observa entre el lactato inicial y el lactato final, con un coeficiente de correlación positivo de 0.54, indicando una relación lineal moderada y estadísticamente significativa entre ambas variables. Por otro lado, las correlaciones entre el IP inicial y el lactato inicial ($r = 0.06$), así como entre el IP inicial y el lactato final ($r = -0.16$), son débiles y no significativas, lo que sugiere una relación limitada entre estas variables. De manera similar, el IP final y el lactato final presentan una correlación negativa moderada ($r = -0.31$), reflejando una tendencia inversa entre estos parámetros.

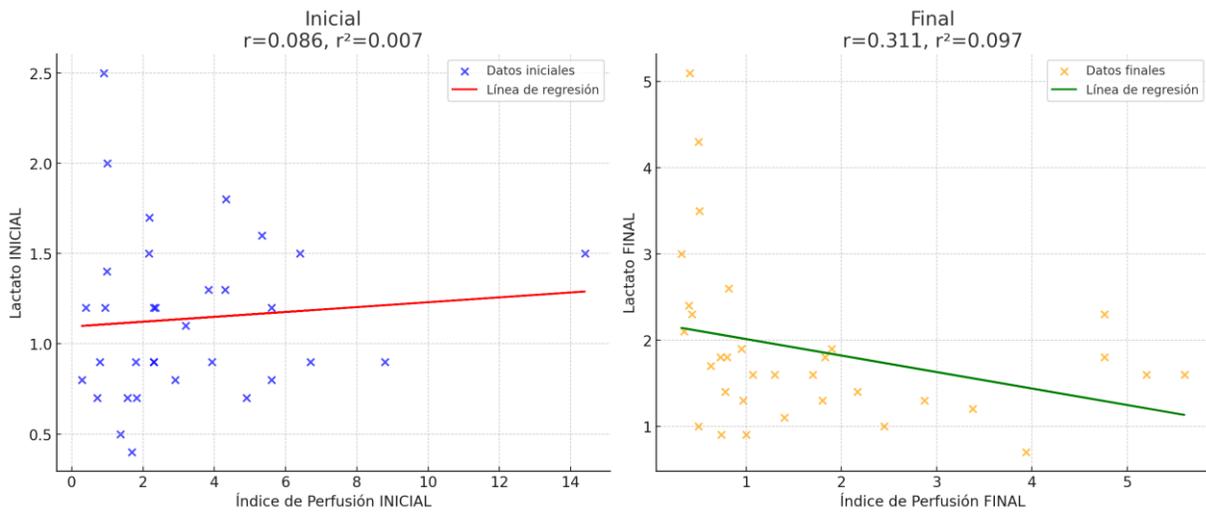
El análisis de la relación entre el índice de perfusión (IP) y los niveles de lactato en dos momentos distintos, inicial y final, reveló resultados con correlaciones débiles en ambos casos.

En el caso del índice de perfusión inicial y los niveles de lactato iniciales, los datos mostraron una correlación extremadamente débil, con un coeficiente de correlación (r) de 0.086 y un coeficiente de determinación (r^2) de 0.007. Esto implica que menos del 1% de la variabilidad en los niveles de lactato iniciales puede explicarse por el índice de perfusión inicial. La línea de regresión lineal demuestra una tendencia prácticamente inexistente entre estas dos variables, sugiriendo que la relación entre ellas es insignificante en este contexto.

Por otro lado, al analizar el índice de perfusión final y los niveles de lactato finales, se observó una correlación débil pero algo más evidente, con un coeficiente de correlación (r) de 0.311 y un coeficiente de determinación (r^2) de 0.097. Esto indica que aproximadamente el 9.7% de la variación en los niveles de lactato finales puede ser atribuida al índice de perfusión final. Aunque la relación sigue siendo limitada, la línea de regresión lineal refleja una ligera tendencia positiva entre ambas variables.

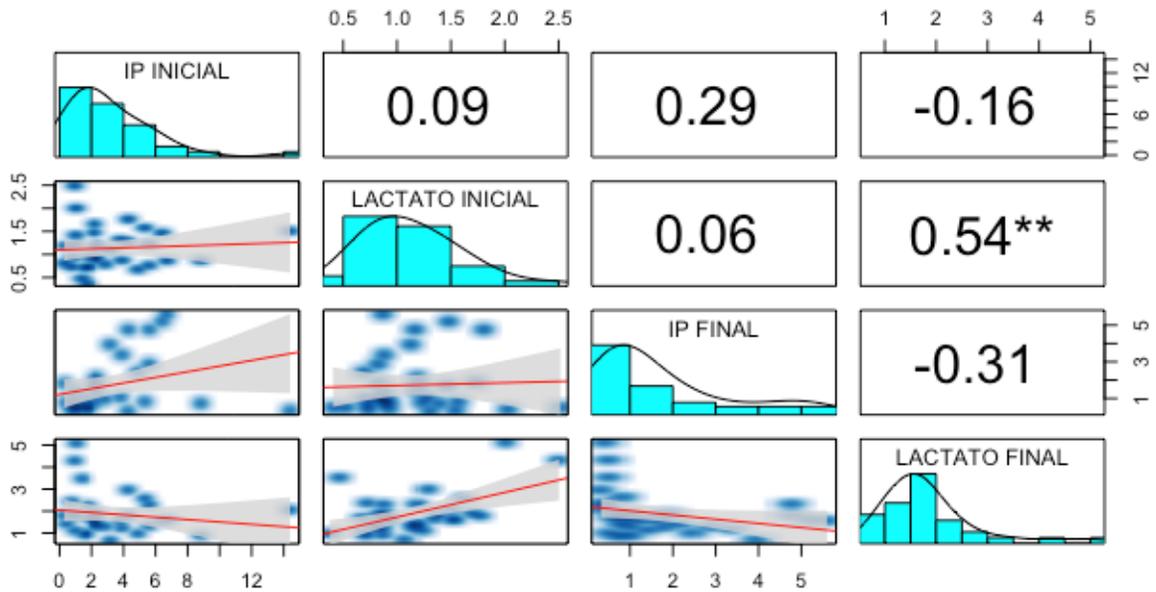
Tabla 1. Características Generales	
Variables	N = 33¹
Edad	58 (12)
Sexo	
Femenino	17 (52%)
Masculino	16 (48%)
Cirugía	
Parcial	7 (21%)
Radical	19 (58%)
Simple	7 (21%)
Lado	
Derecha	15 (45%)
Izquierda	18 (55%)
índice de perfusión inicial	3.27 (2.89)
Lactato inicial	1.14 (0.45)
índice de perfusión final	1.73 (1.55)
Lactato final	1.87 (0.95)
Complicaciones	9 (27%)
Transfusión sanguínea	8 (24%)
Requerimiento de vasopresor	5 (15%)
Estancia en UCI	2 (6%)
Egreso con ventilación mecánica	1 (3%)
Reintubación	1 (3%)
Sangrado (ml)	455 (423)
Diagnostico	
Absceso renal	1 (3.0%)
Absceso renal y perirrenal	1 (3.0%)
Cálculo renal	2 (6.1%)
Exclusión renal	1 (3.0%)
Hidronefrosis	1 (3.0%)
Tumor comportamiento incierto	23 (70%)
Tumor pelvis renal	3 (9.1%)
Tumor renal	1 (3.0%)
<i>Media (DE) o Frecuencia</i>	

Grafica 1.



Grafica 2

Correlación entre índice de perfusión y lactato



CAPITULO 7

DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo principal explorar la correlación entre los niveles de lactato sérico y el índice de perfusión periférica (IPP) por pletismografía en pacientes sometidos a nefrectomía abierta electiva. Este análisis adquiere relevancia al considerar la necesidad de herramientas eficaces y no invasivas para evaluar la perfusión tisular, particularmente en el contexto perioperatorio, donde las alteraciones en la perfusión pueden derivar en complicaciones postoperatorias severas. Este estudio constituye una contribución inicial a un campo con escasa investigación en el ámbito nacional.

El presente estudio tuvo como objetivo principal explorar la correlación entre los niveles de lactato sérico y el índice de perfusión periférica (IPP) por pletismografía en pacientes sometidos a nefrectomía abierta electiva. Este análisis adquiere relevancia al considerar la necesidad de herramientas eficaces y no invasivas para evaluar la perfusión tisular, particularmente en el contexto perioperatorio, donde las alteraciones en la perfusión pueden derivar en complicaciones postoperatorias severas. Este estudio constituye una contribución inicial a un campo con escasa investigación en el ámbito nacional.

Los resultados revelaron correlaciones variables entre el lactato sérico y el IPP en dos momentos: inicial y final. Aunque las correlaciones observadas fueron en su mayoría débiles, el IPP final mostró una correlación negativa moderada con el lactato final ($r = -0.31$), sugiriendo que un descenso en el IPP podría estar asociado con un incremento en los niveles de lactato. Sin embargo, la baja magnitud de las correlaciones limita la capacidad de extrapolar estos hallazgos para establecer un modelo predictivo confiable.

Adicionalmente, la variabilidad en el IPP inicial y final podría deberse a factores intraoperatorios, como hipotensión o uso de vasopresores, que influyen en la perfusión periférica. Estos resultados concuerdan con investigaciones previas que identifican la hipovolemia y la hipotensión como determinantes de variaciones en el IPP.

Estudios previos han identificado una relación entre la hipoperfusión y los niveles de lactato sérico. Por ejemplo, Lee et al. demostraron en pacientes sometidos a cirugías cardíacas que una disminución en la perfusión periférica se asoció con un aumento en los niveles de lactato, con una correlación inversa significativa ($r = -0.37$) (16). Este hallazgo subraya la utilidad del lactato como marcador indirecto de hipoperfusión, particularmente en contextos donde se requieren decisiones clínicas rápidas.

De manera similar, Ozakin et al. evaluaron el índice de perfusión en pacientes con shock hemorrágico, observando una correlación negativa moderada entre el lactato y el índice de perfusión ($r = -0.117$) (17). Estos resultados refuerzan la posibilidad de utilizar el índice de perfusión periférica como un indicador complementario en el monitoreo de pacientes en estado crítico.

En el ámbito de la nefrectomía, estudios como los de Hsu et al. han reportado que la hipoperfusión durante procedimientos quirúrgicos se asocia con un incremento significativo en la incidencia de complicaciones, como insuficiencia renal aguda (20). La literatura también destaca que, en cirugías no cardíacas, la presencia de hipotensión intraoperatoria está estrechamente vinculada a desenlaces adversos, incluyendo disfunción orgánica y mayores tasas de mortalidad (21).

Estudios recientes han explorado las limitaciones del índice de perfusión periférica, señalando su susceptibilidad a factores externos, como variaciones en el volumen sanguíneo y el uso de vasopresores (19). Estas observaciones son coherentes con los hallazgos del presente estudio, donde se observó una correlación moderada pero no concluyente entre el lactato y el IPP, lo que subraya la necesidad de considerarlo en conjunto con otros indicadores clínicos y fisiológicos.

Además, investigaciones como las de Agerskov et al. han sugerido que, aunque el IPP puede ser una herramienta prometedora para el monitoreo de hipoperfusión, su efectividad depende de condiciones específicas, como la estabilidad hemodinámica del paciente y el contexto quirúrgico (18). Este estudio también destacó la importancia de la interpretación adecuada de los valores del

IPP para minimizar resultados falsos positivos o negativos en escenarios clínicos complejos.

Por último, la combinación de medidas no invasivas, como el IPP, con biomarcadores invasivos, como el lactato sérico, podría mejorar significativamente la detección temprana de hipoperfusión y optimizar el manejo perioperatorio de pacientes sometidos a nefrectomía (16, 20).

Los hallazgos sugieren que la monitorización combinada del lactato sérico y el IPP podría ser útil para identificar pacientes en riesgo de hipoperfusión durante nefrectomías abiertas. La implementación de estrategias basadas en el monitoreo del IPP podría permitir ajustes perioperatorios más tempranos, como la administración de fluidos o vasopresores, minimizando el riesgo de complicaciones como insuficiencia renal aguda.

La principal limitación es el tamaño reducido de la muestra ($n=31$), lo que restringe la generalización de los resultados y reduce la potencia estadística para detectar correlaciones significativas. Además, el diseño observacional no permite establecer causalidad. Otros factores como la variabilidad en las técnicas quirúrgicas y el manejo anestésico también pudieron haber influido en los resultados.

CAPÍTULO 8

CONCLUSION

El presente estudio evidenció una correlación moderada entre el lactato sérico y el IPP en el contexto perioperatorio de nefrectomías abiertas. Si bien los hallazgos son preliminares, subrayan la necesidad de investigar más a fondo la aplicabilidad del IPP como herramienta complementaria en la monitorización de perfusión tisular. La optimización de estos métodos podría mejorar los desenlaces clínicos en pacientes sometidos a cirugías complejas.

Futuros estudios deben incluir muestras más amplias y diseños prospectivos que evalúen de manera controlada las condiciones perioperatorias que afectan la perfusión tisular. Sería valioso incorporar otros marcadores fisiológicos, como saturación de oxígeno tisular o biomarcadores inflamatorios, para enriquecer la comprensión de las interacciones entre hipoperfusión y niveles de lactato.

CAPÍTULO 9

Bibliografía

1. Blumlein D, Griffiths I. Shock: aetiology, pathophysiology and management. <https://doi.org/10.12968/bjon2022318422> [Internet]. 2022 Apr 19 [cited 2023 Jun 11];31(8):422–8. Available from: <https://www.magonlinelibrary.com/doi/10.12968/bjon.2022.31.8.422>
2. Kattan E, Hernández G. The role of peripheral perfusion markers and lactate in septic shock resuscitation. *Journal of intensive medicine* [Internet]. 2021 Jan 1 [cited 2023 Jun 11];2(1):17–21. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36789233/>
3. Bakker J, Postelnicu R, Mukherjee V. Lactate: Where Are We Now? *Crit Care Clin* [Internet]. 2020 Jan 1 [cited 2023 Jun 11];36(1):115–24. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31733674/>
4. Wang B, Li ZL, Zhang YL, Wen Y, Gao YM, Liu BC. Hypoxia and chronic kidney disease. *EBioMedicine* [Internet]. 2022 Mar 1 [cited 2023 Jun 11];77:103942. Available from: </pmc/articles/PMC8921539/>
5. Stephens EH, Epting CL, Backer CL, Wald EL. Hyperlactatemia: An Update on Postoperative Lactate. *World J Pediatr Congenit Heart Surg* [Internet]. 2020 May 1 [cited 2023 Jun 11];11(3):316–24. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32294015/>
6. Liu K, Scott JB, Jing G, Li J. Management of Postoperative Hypoxemia. *Respir Care* [Internet]. 2021 Jul 1 [cited 2023 Jun 11];66(7):1136–49. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34006596/>
7. Marley RA. Postoperative oxygen therapy. *J Perianesth Nurs* [Internet]. 1998 [cited 2023 Jun 11];13(6). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9934080/>
8. Geng W, Jia D, Wang Y, Jin S, Ren Y, Liang D, et al. A prediction model for hypoxemia during routine sedation for gastrointestinal endoscopy. *Clinics* [Internet]. 2018 Nov 14 [cited 2023 Jun 11];73:e513. Available from: <https://www.scielo.br/j/clin/a/Px997KdxFgGqbm8zx894thJ/?lang=en>
9. Levy B. Lactate and shock state: The metabolic view. *Curr Opin Crit Care*. 2006 Aug;12(4):315–21.
10. Nolt B, Tu F, Wang X, Ha T, Winter R, Williams DL, et al. Lactate and Immunosuppression in Sepsis. *Shock* [Internet]. 2018 Feb 1 [cited 2023 Jun 11];49(2):120–5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28767543/>
11. Yang H, Du L, Zhang Z. Potential biomarkers in septic shock besides lactate. *Exp Biol Med (Maywood)* [Internet]. 2020 Jun 1 [cited 2023 Jun 11];245(12):1066–72. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32276542/>
12. de Vasconcellos K, Skinner DL, Singh D. Hypoxaemia on arrival in a multidisciplinary intensive care unit. *South African Medical Journal* [Internet]. 2016 Mar 30 [cited 2023 Jun 11];106(5):510–3. Available from: <http://www.samj.org.za/index.php/samj/article/view/10251>

13. Elshal MM, Hasanin AM, Mostafa M, Gamal RM. Plethysmographic Peripheral Perfusion Index: Could It Be a New Vital Sign? *Front Med (Lausanne)* [Internet]. 2021 Oct 1 [cited 2023 Jun 12];8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34660615/>
14. Hasanin A, Karam N, Mukhtar AM, Habib SF. The ability of pulse oximetry-derived peripheral perfusion index to detect fluid responsiveness in patients with septic shock. *J Anesth*. 2021 Apr 1;35(2):254–61.
15. Baker AK, Partridge RJO, Litton E, Ho KM. Assessment of the plethysmographic variability index as a predictor of fluid responsiveness in critically ill patients: A pilot study. *Anaesth Intensive Care*. 2013;41(6):736–41.
16. Lee YS, Kim WY, Yoo JW, Jung HD, Min TJ. Correlation between regional tissue perfusion saturation and lactate level during cardiopulmonary bypass. *Korean J Anesthesiol* [Internet]. 2018 Oct 1 [cited 2023 Jun 11];71(5):361–7. Available from: <http://ekja.org/journal/view.php?doi=10.4097/kja.d.17.00002>
17. Ozakin E, Yazlamaz NO, Kaya FB, Karakilic EM, Bilgin M. Perfusion Index Measurement in Predicting Hypovolemic Shock in Trauma Patients. *Journal of Emergency Medicine* [Internet]. 2020 Aug 1 [cited 2023 Jun 11];59(2):238–45. Available from: <http://www.jem-journal.com/article/S0736467920303413/fulltext>
18. Agerskov M, Sørensen H, Højlund J, Secher NH, Foss NB. Fluid-responsiveness, blood volume and perfusion in preoperative haemodynamic optimisation of hip fracture patients; a prospective observational study. *Acta Anaesthesiol Scand* [Internet]. 2022 Jul 1 [cited 2023 Jun 11];66(6):660–73. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/aas.14070>
19. Inamanamelluri R, Das S, Senapati LK, Pradhan A, Sr. RI, Das S, et al. Perfusion Index and Its Correlation With Intraoperative Hypotension in Lower-Segment Cesarean Section Under Spinal Anesthesia: A Prospective Observational Study in a Tertiary Care Hospital in Eastern India. *Cureus* [Internet]. 2022 Oct 18 [cited 2023 Jun 11];14(10). Available from: <https://www.cureus.com/articles/117451-perfusion-index-and-its-correlation-with-intraoperative-hypotension-in-lower-segment-cesarean-section-under-spinal-anesthesia-a-prospective-observational-study-in-a-tertiary-care-hospital-in-eastern-india>
20. Hsu CP, Cheng CT, Huang JF, Fu CY, Bajani F, Bokhari M, et al. The effect of transarterial embolization versus nephrectomy on acute kidney injury in blunt renal trauma patients. *World J Urol* [Internet]. 2022 Jul 1 [cited 2023 Jun 11];40(7):1859–65. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00345-022-04049-5>
21. Hallqvist L, Granath F, Huldt E, Bell M. Intraoperative hypotension is associated with acute kidney injury in noncardiac surgery. *Eur J Anaesthesiol* [Internet]. 2018 Apr 1 [cited 2023 Jun 11];35(4):273–9. Available from: https://journals.lww.com/ejanaesthesiology/Fulltext/2018/04000/Intraoperative_hypotension_is_associated_with.5.aspx

CAPÍTULO 10

RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO

Dra. Cecilia Beatriz Suárez Basto
Candidata para el Grado de Especialista en Anestesiología

Tesis: ***Correlación entre lactato sérico con el índice de perfusión periférica por pletismografía en pacientes sometidos a nefrectomía abierta electiva.***

Campo de estudio: Ciencias de la Salud

Biografía

Datos personales: Nacido en Mérida, Yucatán, México el 01 de abril de 1996; hija de Jaime Suárez de la Cruz y Cecilia Fabiana Basto Argüelles

Estado civil: Soltera

Educación: Egresada de la Universidad Autónoma de Yucatán, obteniendo el grado de Médico Cirujano en el año 2021.

Experiencia profesional: Médico Residente de la especialidad de Anestesiología del año 2022 al 2026.