

Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña

Facultad de Ciencias de la Salud

Escuela De Medicina

Centros De Diagnóstico, Medicina Avanzada y Telemedicina (CEDIMAT)

Residencia de Perfusión

RELACIÓN ENTRE EL APOORTE DE OXÍGENO Y LA INCIDENCIA DE INSUFICIENCIA RENAL AGUDA EN PACIENTES ADULTOS SOMETIDOS A CIRUGÍA CARDIACA CON CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA, DURANTE EL PERIODO DE MAYO 2022 – ABRIL 2023 EN MAYAGÜEZ MEDICAL CENTER, MAYAGÜEZ, PUERTO RICO.



Tesis de Postgrado para optar por el Título de Magíster en:

Perfusión y Circulación Extracorpórea

Sustentante:

Lcdo. Gamaliel Rodríguez Acosta

Asesores:

Dr. Fradwikigns Vargas Reyes

Lcda. Brígida Aguerrevere Branger

Distrito Nacional: 2023

República Dominicana

Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña

Facultad de Ciencias de la Salud

Escuela De Medicina

Centros De Diagnóstico, Medicina Avanzada y Telemedicina (CEDIMAT)

Residencia de Perfusión

RELACIÓN ENTRE EL APOORTE DE OXÍGENO Y LA INCIDENCIA DE INSUFICIENCIA RENAL AGUDA EN PACIENTES ADULTOS SOMETIDOS A CIRUGÍA CARDIACA CON CIRCULACIÓN EXTRACORPÓREA, DURANTE EL PERIODO DE MAYO 2022 – ABRIL 2023 EN MAYAGÜEZ MEDICAL CENTER, MAYAGÜEZ, PUERTO RICO.



Tesis de Postgrado para optar por el Título de Magíster en:

Perfusión y Circulación Extracorpórea

Sustentante:

Lcdo. Gamaliel Rodríguez Acosta

Asesores:

Dr. Fradwikigns Vargas Reyes

Lcda. Brígida Aguerrevere Branger

Distrito Nacional: 2023

República Dominicana

INDICE

AGRADECIMIENTO	3
DEDICATORIA	4
RESUMEN	5
ABSTRACT	8
I. INTRODUCCIÓN	10
II. ANTECEDENTES	12
III. JUSTIFICACIÓN	13
IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
V. OBJETIVO	15
GENERAL	15
ESPECÍFICOS	16
VI. HIPÓTESIS.	16
VII. MATERIAL Y MÉTODOS	16
TIPO DE ESTUDIO	16
MATERIAL	17
POBLACIÓN DE ESTUDIO	17
CRITERIO DE INCLUSIÓN	18
CRITERIO DE EXCLUSIÓN	18
ÁREA DE ESTUDIO	18
CONSIDERACIONES ÉTICAS	19
MÉTODO	19
CONDICIONES DEL PACIENTE	20
CREATININA	21

CONCENTRACIÓN DE HEMOGLOBINA	22
IX. OPERALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	26
X. RESULTADOS	27
XI. DISCUSIÓN	39
XII. CONCLUSIONES	44
XIII. RECOMENDACIONES	45
XIV. LIMITACIONES	45
XV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
VI. CRONOGRAMA	51
XVII. COSTOS Y RECURSOS.	52
XVIII. MATERIAL DE RECOLECCIÓN DE DATOS	53
XIX. EVALUACIÓN	55

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por su dirección, por las puertas que abrió, por la salud y provisión para que este sueño se hiciera realidad. Agradezco a mi familia: mi esposa Militza Lorenzo, mi hijo Diego Rodríguez, mis padres José Rodríguez y Ana L. Acosta por su gran ayuda e inspiración. Además quiero agradecer a mis tutores: el Dr. Fradwikigns Vargas Reyes y la Lcda. Brígida Aguerrevere Branger quienes, por su gran conocimiento, humildad y dedicación, los convierten en los mejores profesores que he tenido.

DEDICATORIA

Porque es mi todo, por su dirección, provisión y ayuda. Por ser mi amigo, padre y maestro, mi ejemplo a seguir. Porque juntos trabajamos, porque es el que mejor conoce toda la ciencia y el cuerpo de cada ser humano y por su dirección en cada labor relacionada para el cuidado y bienestar de cada paciente. Por todo esto y mucho más, a Dios dedico esta tesis.

RESUMEN

Introducción: La circulación extracorpórea (CEC) puede conducir a una serie de alteraciones la cual puede conllevar a morbilidades serias para el paciente. Una de las complicaciones que más preocupan en la cirugía cardiaca es la insuficiencia renal aguda (IRA). El aporte de oxígeno (DO_2) es un parámetro determinante para que se produzca o no la IRA. El nivel de DO_2 considerado como seguro para evitar la IRA es mayor a 272 ml/min/m^2 , y este depende en gran medida de la concentración de Hemoglobina, PaO_2 , saturación de Oxígeno y el índice cardiaco. En este estudio pretendemos establecer la Relación entre el Aporte de Oxígeno y la Incidencia de Insuficiencia Renal Aguda en Pacientes Adultos Sometidos a Cirugía Cardiaca con Circulación Extracorpórea, durante el Periodo de Mayo 2022 – Abril 2023 en Mayagüez Medical Center, Mayagüez, Puerto Rico.

Objetivos: Determinar la relación entre el aporte de oxígeno y la insuficiencia renal aguda en pacientes adultos sometidos a circulación extracorpórea por cirugía cardiaca en el periodo de mayo 2022 – abril 2023 en Mayagüez Medical Center, Mayagüez, Puerto Rico. Determinar la incidencia de IRA en la edad y sexo de la población estudiada. Evaluar el comportamiento de la creatinina a las primeras 24 horas en ambos grupos. Relacionar la presión arterial promedio y diuresis en CEC con la incidencia de IRA. Relacionar la hipertensión, diabetes y el tiempo de ventilación mecánica (TVM) con la incidencia de IRA. Relacionar el tiempo de CEC y el tiempo de pinzamiento aórtico con la incidencia de IRA. Relacionar el tiempo de CEC y el tiempo de pinzamiento aórtico con el TVM y este con la incidencia de IRA.

Material y Método: Se realizó un estudio observacional descriptivo de cohorte retrospectivo de los pacientes intervenidos de cirugía cardiaca con CEC en Mayagüez Medical Center, en el periodo entre mayo 2022 y abril 2023. Se obtuvieron los datos del expediente electrónico e historias de perfusión de los pacientes que fueron sometidos a cirugía cardiaca con el uso de CEC a 32°C . Se determino el DO_2 de cada paciente y se categorizaron en dos grupos: Pacientes cuyo DO_2 durante CEC fue $\geq 272 \text{ ml/min/m}^2$, identificados como grupo 1 y pacientes

cuyo DO_2 durante CEC fue $< 272 \text{ ml/min/m}^2$, identificados como grupo 2. Las variables estudiadas fueron: edad, sexo, diabetes, hipertensión arterial, creatinina pre y posoperatoria, hemoglobina pre/peri y posoperatoria; gases arteriales pre/peri y posoperatorios, diuresis peri y posoperatoria; flujos (índice cardiaco), presión arterial media, tiempo de bomba, tiempo de pinzamiento aórtico y DO_2 durante CEC y tiempo de ventilación mecánica.

Resultados: De 127 pacientes estudiados 42 pacientes pertenecieron al Grupo 1 (33%) y 85 pacientes pertenecieron al Grupo 2 (67%) de los cuales 5 pacientes (12%) del grupo 1 desarrollaron IRA y 17 pacientes (20%) del Grupo 2 desarrollaron IRA. La correlación de la Edad con el desarrollo de IRA, en el grupo 2 la correlación fue positiva muy débil y estadísticamente significativa (0.240 correlación de Pearson con $V_p=0.027^*$). La tendencia observada en los pacientes en cuyo nivel de creatinina aumentó a las 24 horas es de 11 por ciento en el grupo 1 y 19 por ciento en el grupo 2, ambos grupos mostraron una tendencia a disminuir a las 48 horas estando en un 8 y un 11 por ciento sobre los niveles basales respectivamente para grupo 1 y grupo 2. Con una desviación estándar de ± 0.18 para Grupo 1 y ± 0.28 para Grupo 2. En el grupo 2 la creatinina inicial guardó correlación negativa débil y estadísticamente significativa con la diuresis en CEC (-0.249 correlación de Pearson y $V_p 0.022$). Al considerar la presión media y la diuresis en CEC, en ambos grupos la correlación entre estas, según correlación de Pearson, es débil, pero en el grupo 1 es estadísticamente no significativa mientras que en grupo 2 sí es estadísticamente significativa (correlación de Pearson 0.311 y $V_p 0.004$). Se realizó un análisis de subgrupo donde podemos observar una correlación negativa muy fuerte y estadísticamente significativa entre la hipertensión y la diuresis en CEC en los pacientes del grupo 1 y no se observa relación de estas variables en el grupo 2. Se observa una correlación positiva muy fuerte y estadísticamente significativa entre la creatinina inicial y la creatinina en 24 horas en los pacientes de ambos grupos.

Conclusión: Según los resultados obtenidos en este estudio existe una correlación significativa de desarrollo de Insuficiencia renal aguda con el mantenimiento de

entrega de oxígeno menor a 272 ml/min/m^2 . En el análisis de subgrupo para evaluar con mayor atención los pacientes que desarrollaron IRA del total de la muestra, podemos concluir en relación con la hipótesis de este trabajo, que se rechaza la hipótesis nula prevaleciendo la hipótesis alterna que dice que el nivel de DO_2 durante la CEC sí tiene relación con la insuficiencia renal aguda en el posoperatorio como demuestran otros estudios recientes. Se necesitan más estudios donde se puedan incluir análisis de variables como lactato, y renina para establecer que tanto se puede perfundir de manera global aun no teniendo niveles de DO_2 mayores del umbral crítico establecido en otras investigaciones. Es necesario establecer una terapia dirigida por objetivo individualizada.

ABSTRACT

Introduction: The cardiopulmonary Bypass (CPB) can lead to a series of alterations which can lead to serious morbidities for the patient. One of the most worrying complications in cardiac surgery is acute kidney injury (AKI). The oxygen supply (DO_2) is a determining parameter for the occurrence or not of AKI. The DO_2 levels considered as safe to avoid AKI is greater than 272 ml/min/m², and this depends to a large extent on the concentration of Hemoglobin, PaO₂, Oxygen saturation and cardiac output. In this study we intend to establish the Relationship between the Oxygen Supply and the Incidence of Acute Renal Failure in Patients Undergoing Cardiac Surgery with CPB in Adults, during the Period of May 2022 - April 2023 at Mayagüez Medical Center, Mayagüez, Puerto Rico.

Objectives: To determine the relationship between oxygen supply and acute renal failure in patients undergoing CPB for cardiac surgery in adults between May 2022 and April 2023 at Mayagüez Medical Center, Mayagüez, Puerto Rico. Determine the incidence of AKI in the age and sex of the population studied. Evaluate the behavior of creatinine in the first 24 hours in both groups. To relate the mean blood pressure and diuresis in CPB with the incidence of AKI. To relate hypertension, diabetes, and the time of mechanical ventilation (TVM) with the incidence of AKI. Relate the time of CPB and aortic occlusion with the incidence of AKI. Relate the time of CPB and aortic occlusion with TVM and this with the incidence of AKI.

Material and Method: A retrospective descriptive observational cohort study of patients who underwent cardiac surgery with CPB at Mayagüez Medical Center was conducted in the period between May 2022 and April 2023. Data from the electronic file and perfusion records of the patients were obtained. patients who underwent cardiac surgery with the use of CPB at 32°C. The DO_2 of each patient was determined and categorized into two groups: Adult patients whose DO_2 during CPB

was ≥ 272 ml/min/m², identified as group 1, and adult patients whose DO₂ during CPB was < 272 ml/minm², identified as group 2. The variables studied were: age, sex, diabetes, arterial hypertension, pre and postoperative creatinine, pre/peri and postoperative hemoglobin; pre/peri and postoperative blood gases, peri and postoperative diuresis; flows (cardiac index), mean arterial pressure, pump time, aortic occlusion time and DO₂ during CPB and mechanical ventilation time.

Results: Of 127 patients studied, 42 patients belonged to Group 1 (33%) and 85 patients belonged to Group 2 (67%), of which 5 patients (12%) from group 1 developed Aki and 17 patients (20%) from Group 2 developed AKI. The correlation of Age with the development of AKI, group 2, the correlation was positive, very weak and statistically significant (0.240 Pearson correlation with Vp=0.027*). The tendency observed in the patients whose creatinine level increased at 24 hours is 11 per cent in group 1 and 19 per cent in group 2, both groups showed a tendency to decrease at 48 hours, being 8 and 11 per cent over the basal levels respectively for group 1 and group 2. With a Standard deviation of ± 0.18 for Group 1 and ± 0.28 for Group 2. In group 2, initial creatinine kept a weak and statistically significant negative correlation with diuresis in CPB. (-0.249 Pearson correlation and Vp 0.022). When considering the mean pressure and diuresis in CPB, in both groups the correlation between them, according to Pearson's correlation, is weak, but in group 1 it is not statistically significant while in group 2 it is statistically significant (Pearson's correlation 0.311 and Vp 0.004 for group 2). A subgroup analysis was carried out where we can observe a very strong and statistically significant negative correlation between hypertension and diuresis in CPB in patients from group 1 and no relationship between these variables is observed in group 2. A very positive correlation is observed. strong and statistically significant difference between baseline creatinine and 24-hour creatinine in patients in both groups.

Conclusion: According to the results obtained in this study, there is a significant correlation of the development of acute renal failure with the maintenance of oxygen delivery less than 272 ml/min/m². In the subgroup analysis to more carefully evaluate

the patients who developed AKI from the total sample, we can conclude in relation to the hypothesis of this work, that the null hypothesis is rejected, prevailing the alternative hypothesis that says that the DO₂ level during CPB is indeed related to acute renal failure in the postoperative period, as shown by other recent studies. More studies are needed where analysis of variables such as lactate and renin can be included to establish how much can be perfused globally even if DO₂ levels are not higher than the critical threshold established in other investigations. It is necessary to establish an individualized goal-directed therapy.

I. INTRODUCCIÓN

La cirugía cardíaca lleva ya muchos años recorridos. Con el advenimiento de la circulación extracorpórea (CEC) se logró muchos avances lo que facilitó la corrección de múltiples cardiopatías y permitió que muchas otras, que en cierto momento se consideraban imposibles de intervenir, se corrigieran. (1)

Una de las complicaciones que más preocupan en la cirugía cardíaca es la insuficiencia renal aguda (IRA) por ser una de las causas principales de morbi-mortalidad. Según las últimas revisiones sistemáticas, la incidencia de IRA es de aproximadamente un 22 por ciento de las cuales de 2-3 por ciento necesitaron algún tipo de hemodiálisis o hasta trasplante renal.(2)

La IRA es un síndrome clínico que de forma brusca (horas o días) altera la homeostasis del organismo. Una multitud de causas provocan la disminución en la capacidad que poseen los riñones de filtrado glomerular para la eliminación de los productos nitrogenados de desecho (provocando elevación de urea y creatinina en sangre) y alterar además el equilibrio hidroeléctrico. Con frecuencia se manifiesta con una diuresis insuficiente.

Existen diferentes criterios para el diagnóstico de la IRA siendo los principales: RIFLE (*Risk, Injury, Failure, Loss, End-stage renal disease*) desarrollado

en 2002,(3) AKIN (*Acute Kidney Injury Network*) en 2007 (4) y KDIGO (*Kidney Disease: Improving Global Outcomes*) propuesta en 2012.(5) KDIGO es posiblemente el más utilizado; define la IRA en función del aumento de la creatinina sérica en el tiempo o del volumen de diuresis. Este recupera el concepto de síndrome, recomendando determinar la causa y efecto. (6)(7)

Con el advenimiento del concepto «Perfusión basada a objetivos» (GDP, por sus siglas en inglés), el interés por este modelo de perfusión, basado en la monitorización en línea de nuevos parámetros va en aumento. El DO_2 es un parámetro clave y de los más estudiados. Este es el volumen de oxígeno aportado a los tejidos por unidad de tiempo. Se expresa en ml/min y frecuentemente se corrige por masa corporal (en ml/kg/min) o por el área de superficie corporal (ml/min/m²). El DO_2 es el producto del gasto cardiaco (GC), índice cardiaco o flujo de bomba en el caso de CEC y el contenido arterial de oxígeno CaO_2) que se expresa con la siguiente fórmula $DO_2 = (GC \times CaO_2 \times 10)$. (8)

En condiciones fisiológicas la demanda de oxígeno es igual al consumo y corresponde a 2.4 ml O₂/kg/min, el aporte de oxígeno es mayor que el consumo, el cual a su vez se adapta a la demanda tisular.

La hemodilución intencionada por la CEC, técnica descrita por Pánico y Neptuno, si bien es cierto que es beneficiosa para la CEC al reducir la viscosidad de la sangre e incrementar el gasto cardiaco como efecto compensatorio por la caída del hematocrito, esta reduce capacidad de transporte de oxígeno de la sangre. Por consiguiente, esta reducción del contenido arterial de oxígeno se ve compensada por, el incremento en la velocidad del flujo sanguíneo, el aumento en la extracción tisular de oxígeno y el desplazamiento de la curva de disociación de la hemoglobina a la derecha, disminuyendo la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno. (9)

La cirugía cardíaca es, por definición, una intervención «no fisiológica». Su principal inconveniente sigue siendo los efectos adversos sistémicos provocados

principalmente por la respuesta inflamatoria sistémica que puede manifestarse como hemorragia, arritmias, tromboembolismo microvascular y disfunción endotelial. Además, factores contribuyentes, como el traumatismo quirúrgico, el trastorno de la coagulación, la transfusión, la hipotermia y, en su mayoría, la hipoperfusión, contribuyen al daño multiorgánico. A pesar de los avances en la técnica quirúrgica, la tecnología de la CEC, el manejo de la anestesia y la atención al paciente todavía existe una morbilidad significativa y una posterior mortalidad por cirugía cardíaca.

El concepto GDP se ha adaptado al campo de la perfusión, y muchos de los parámetros fisiológicos en estudios previos de GDP son similares a los monitorizados por perfusionistas durante la CEC. Este concepto fue descrito por primera vez por *Philip Somer*, quien lideró un ensayo multicéntrico basado en el hallazgo de *Ranucci*. (10)

En la GDP, tomamos los términos convencionales de perfusión óptima y agregamos conceptos de respiración celular: el aporte de oxígeno indexado ($DO_2 i$), el consumo de oxígeno indexado ($VO_2 i$), la producción de dióxido de carbono indexado ($VCO_2 i$) y la tasa de extracción de O_2 ($ER O_2$ o VO_2 /DO_2) con el objetivo de alcanzar una perfusión más fisiológica. (10)

II. ANTECEDENTES

Con el concepto GDP, el DO_2 ha cobrado relevancia en la intención de una perfusión más fisiológica y por consiguiente evitar la no deseada IRA en el posoperatorio. Se ha intentado determinar cuál es su valor crítico encontrando valores como los de *Ranucci* ($DO_2 >272$ ml/min/m²), los de *Somer* ($DO_2 >262$ ml/min/m²) y *Magruder* ($DO_2 >300$ ml/min/m²) (10)

Estudios evidencian que un DO_2 , durante la CEC, por debajo del valor crítico de 272 ml/min/m² es el mejor predictor de IRA. Una de las causas de un DO_2 menor

de 272 ml/min/m² es el descenso del hematocrito como resultado de la hemodilución durante la CEC. El hematocrito más bajo fue un factor de riesgo independiente con un valor predictivo más bajo en un punto de corte del 26 por ciento. Un alto grado de hemodilución durante CEC es un factor de riesgo de insuficiencia renal postoperatoria; sin embargo, sus efectos perjudiciales pueden reducirse aumentando el suministro de oxígeno con un flujo de bomba adecuadamente aumentado. (11)

El estudio GIFT (*Goal Directed Perfusion Trial*), dirigido por *Ranucci* (2018), cuyo objetivo fue la tasa postoperatoria de IRA basada en la clasificación AKIN, concluyen que el uso de GDP para mantener un DO₂ >280 ml/min/m² durante CEC disminuye el riesgo de IRA. El flujo de bomba debe ser en función del hematocrito para mantener un DO₂ >280 ml/min/m² y no por superficie corporal y temperatura. (8)

Debido a los muchos factores que afectan el consumo de oxígeno durante CEC, otros estudios abogan por un objetivo de suministro de O₂ individualizado en lugar de un nivel genérico de DO₂ crítico. (12)

III. JUSTIFICACIÓN

La IRA después de CEC se ha asociado, entre otros factores, con anemia dilucional durante la cirugía. Nuestra meta como perfusionistas es mantener un DO₂ adecuado para así evitar IRA. En muchas ocasiones los pacientes ingresan a sala de cirugía con hemoglobinas muy bajas que junto con hemodilución causada por la CEC complican la meta de un DO₂ adecuado. En estos casos se puede considerar la transfusión de sangre para así mejorar el nivel de hemoglobina del paciente y por ende el DO₂ durante CEC.

También hay que considerar que estudios han demostrado que la transfusión de glóbulos rojos solo para aumentar los niveles de hemoglobina también puede ser perjudicial.(13) Por otro lado, estudios revelan que la alteración renal que se observa durante la CEC mejora con un aumento del flujo de CEC. Por lo tanto, una forma de proteger los riñones durante CEC podría ser utilizar un caudal superior al utilizado tradicionalmente.(14)

A pesar de los diferentes estudios e investigaciones, todavía no hay un consenso claro ni protocolos estandarizados en cuanto al uso o no de transfusiones para mantener un hematocrito óptimo u otras intervenciones para así mantener el nivel de DO_2 adecuado para evitar la IRA en el postoperatorio. Por tal razón con esta investigación se pretende evaluar la relación del DO_2 con la incidencia de IRA en el postoperatorio considerando algunas variables relevantes con el fin de lograr evitar la lesión renal.

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La adopción del concepto de perfusión guiada por objetivos, se constituye un reto a lograr, por lo tanto, mantener los niveles de DO_2 sobre los valores críticos de 272 ml/min/m² se ha convertido en una prioridad.

La incidencia de IRA en CEC, tiene un papel importante en la morbimortalidad de los pacientes. Las recomendaciones de las guías actuales de la conducción de la perfusión coinciden con mantener unos niveles de DO_2 por encima del umbral crítico, con miras a garantizar la perfusión renal adecuada para disminuir la posible aparición de IRA.

A raíz de toda la evidencia que existe en la actualidad, es necesario establecer si existe un umbral crítico de DO_2 absoluto. Las características heterogéneas de los pacientes sometidos a cirugía cardíaca bajo CEC y las condiciones individuales que enfrenta estos pacientes durante el procedimiento,

como, por ejemplo: diferentes grados de temperatura, hemodilución y tiempos de CEC y pinzamiento aórtico, parámetros que pueden representar un punto relevante en la diferencia de entrega de oxígeno y consumo.

Es necesario la individualización de las terapias, debido a las condiciones antes expuesta, sin embargo ¿cómo es posible establecer con garantías que este umbral crítico de DO_2 pueda ser menor en algún paciente, sin que esto influya en la seguridad de la perfusión tisular y en que estos niveles de DO_2 no influyen significativamente en la función renal?

Con las comorbilidades que presentan las transfusiones sanguíneas, se hace el intento en no transfundir a los pacientes durante la cirugía cardíaca lo que trae como consecuencia una mayor hemodilución del transportador de oxígeno, a pesar de que cada vez la insuficiencia renal aguda es menos frecuente en el postoperatorio, podría el aporte de oxígeno estar disminuido a nivel renal en esta población?, pudiendo surgir la posibilidad de aparecer insuficiencia renal? Teniendo en cuenta todo esto y a la concepción de la variabilidad en el consumo de O_2 y que cada paciente tiene necesidades individuales de O_2 , se propuso realizar la presente investigación sobre la Relación entre el Aporte de Oxígeno y la Incidencia de Insuficiencia Renal Aguda en Pacientes Adultos Sometidos a Cirugía Cardíaca con Circulación Extracorpórea en Adultos en el Mayagüez Medical Center, Mayagüez, Puerto Rico.

V. OBJETIVO

GENERAL

Determinar la relación entre el aporte de oxígeno y la insuficiencia renal aguda en pacientes adultos sometidos a CEC por cirugía cardíaca en el periodo de mayo 2022 – abril 2023 en Mayagüez Medical Center, Mayagüez, Puerto Rico.

ESPECÍFICOS

1. Determinar la incidencia de IRA en la edad y sexo de la población estudiada
2. Evaluar el comportamiento de la creatinina a las primeras 24 horas
3. Relacionar la presión arterial media y diuresis en CEC con la incidencia de IRA
4. Relación de la hipertensión, diabetes y el tiempo de ventilación mecánica (TVM) con la incidencia de IRA
5. Relacionar el tiempo de CEC y pinzamiento aórtico con la incidencia de IRA
6. Relacionar el tiempo de CEC y pinzamiento aórtico con el TVM y este con la incidencia de IRA
7. Relacionar los niveles de DO_2 durante CEC y el diagnóstico de IRA en el postoperatorio.

VI. HIPÓTESIS.

Hipótesis Alternativa o H_a - El nivel de DO_2 durante la circulación extracorpórea en pacientes sometidos a cirugía cardíaca tiene relación con la incidencia de IRA en el postoperatorio.

Hipótesis Nula o H_0 - El nivel de DO_2 durante la circulación extracorpórea en pacientes sometidos a cirugía cardíaca no tiene relación con la incidencia de IRA en el postoperatorio.

VII. MATERIAL Y MÉTODOS

TIPO DE ESTUDIO

Se realizó un estudio observacional descriptivo retrospectivo de los pacientes intervenidos de cirugía cardíaca con CEC en Mayagüez Medical Center, en el periodo entre mayo 2022 y abril 2023. Se obtuvieron los datos del expediente electrónico e historias de perfusión de los pacientes que fueron sometidos a

cirugía cardíaca con el uso de CEC a 32°C. Se determinó el DO₂ de cada paciente y se categorizaron en dos grupos:

Grupo 1: Pacientes adultos cuyo DO₂ durante la CEC fue ≥ 272 ml/min/m²

Grupo: 2: Pacientes adultos cuyo DO₂ durante la CEC fue < 272 ml/min/m²

MATERIAL

Para este estudio el material utilizado fue: Máquina de circulación extracorpórea S5 y Tubería arteriovenosa artificial $\frac{3}{8}$ " x $\frac{1}{2}$ " de *Sorin Group* (Mirándola, Italia), Cono de centrifuga *Revolution* (Livanova, Londres, UK), Analizador Multiparamétrico para medición de gases, electrolitos y otros metabolitos Cobas b 221 (*Roche Diagnostics*, Estados Unidos), Jeringuillas de 3 ml para toma de muestra, Analizador de analitos de química clínica *Beckman Coulter Unicel DxC 800 Chemistry Analyzer* (Estados Unidos) y equipo de protección universal.

Se utilizaron: Laptop, Ipad e Historias de perfusión para obtener la data necesaria de los pacientes involucrados en el estudio. Los datos se recopilaron en un formulario de Microsoft Excel para la debida tabulación y Software de *IBM SPSS Statistics v.28* para el procesamiento estadístico. Se utilizó la prueba de *Kolmogorov Smirnov* para verificar la normalidad de los datos antes de un análisis posterior. Para relacionar las variables se utilizó correlación de *Pearson*.

POBLACIÓN DE ESTUDIO

Se incluyeron en este estudio los pacientes adultos mayores a 18 años, sometidos a cirugía cardíaca con el uso de CEC e hipotermia leve de 32°C, en el periodo de mayo 2022 hasta abril 2023, en Mayagüez Medical Center, Mayagüez, Puerto Rico.

CRITERIO DE INCLUSIÓN

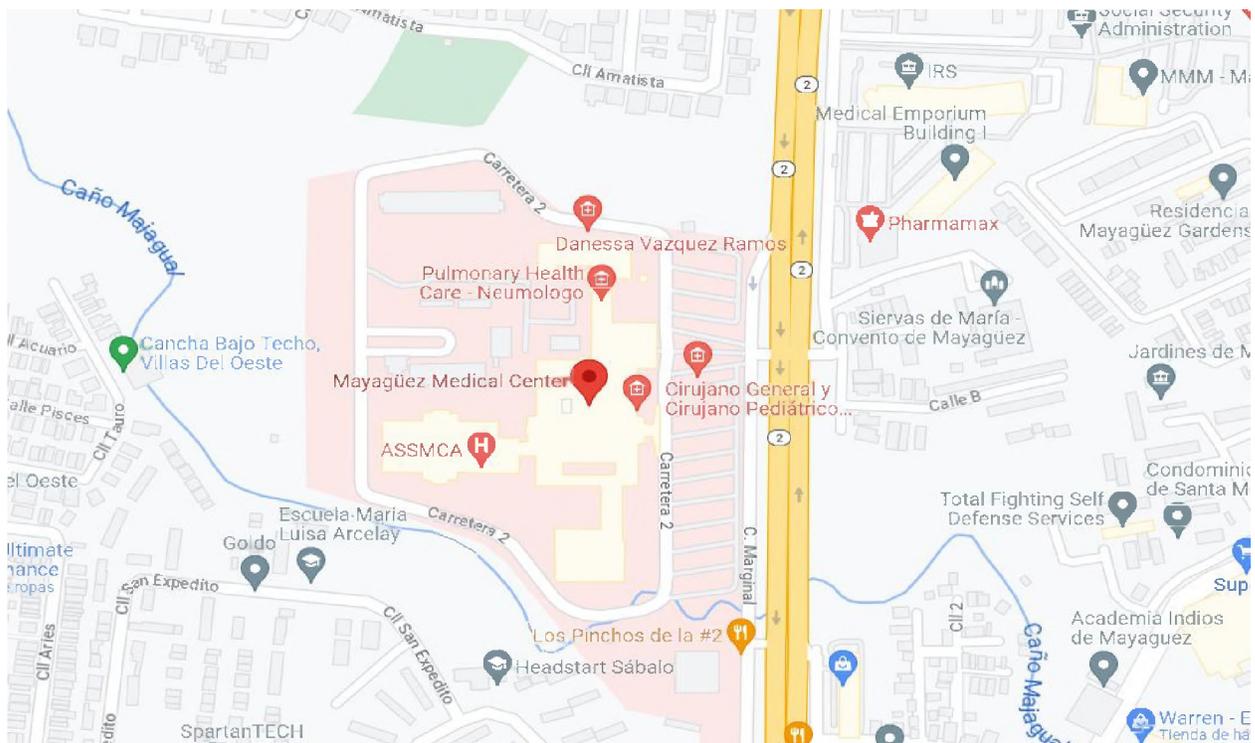
Se incluyeron en este estudio los pacientes adultos mayores a 18 años, sometidos a cirugía cardíaca con el uso de circulación extracorpórea e hipotermia leve de 32°C, en el periodo de mayo 2022 hasta abril 2023, en Mayagüez Medical Center, Mayagüez, Puerto Rico.

CRITERIO DE EXCLUSIÓN

Se excluyeron los pacientes con insuficiencia renal crónica, pacientes con Balón de Contrapulsación, pacientes con cirugía previa de corazón, pacientes con información insuficiente o incompleta en sus expedientes.

ÁREA DE ESTUDIO

Este estudio se realizará en Mayagüez Medical Center, Ave. Hostos #410 Carretera #2, Bo Sábalo, Mayagüez, P.R., 00680



Ubicación del Mayagüez Medical Center, Mayagüez, Puerto Rico. Tomado de Google Map.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

El presente estudio se hará bajo los criterios de no maleficencia contra el paciente, apegados a la declaración de *Helsinki* y el código de *Nürenberg*, además de las políticas éticas de nuestra institución.

MÉTODO

El estudio incluyó todos los pacientes adultos que cumplieron con el criterio de inclusión en el periodo de mayo del 2022 hasta abril del 2023.

Los datos para este estudio se obtuvieron a partir de una base electrónica de datos de los pacientes y a través del registro de historias de perfusión con sus diferentes variables: La edad, el sexo, diabéticos, hipertensión arterial, creatinina pre y posoperatoria, hemoglobina pre/peri y posoperatoria; gases arteriales pre/peri y postoperatorios, diuresis peri y posoperatoria; flujos, presión arterial media, tiempo de bomba, tiempo de pinzamiento aórtico y DO₂ durante CEC y tiempo de ventilación mecánica.

Las muestras de sangre para las gasometrías arteriales fueron tomadas de forma simultánea al momento en que se alcanza la temperatura a 32°C, que es alrededor de 20 minutos después de iniciar la circulación extracorpórea y después de liberar el pinzamiento aórtico. Estos resultados junto a los demás valores de las variables anteriormente mencionadas se registraron en una plantilla de Excel para la recolección de datos del estudio.

VIII. MARCO TEÓRICO

La CEC reemplaza temporalmente la función del corazón y los pulmones durante la cirugía para mantener la circulación de sangre y oxígeno en el paciente. Esta ha beneficiado a miles de pacientes desde su introducción hace casi 60 años. (1) Las Estadísticas de enfermedades cardíacas y accidentes cerebrovasculares de 2023 de la Asociación Estadounidense del Corazón informaron los resultados de

aproximadamente 400,000 pacientes que se sometieron a procedimientos quirúrgicos cardíacos cada año. (15) Sin embargo, la CEC no es un procedimiento benigno y persisten una serie de problemas asociados, que incluyen hemólisis, síndrome de fuga capilar e IRA. La IRA ocurre en el 18,2 al 30 por ciento de los pacientes que se someten a una cirugía con CEC. (16)

La IRA se define como el rápido deterioro de la función renal dentro de las 48 horas posteriores al evento iniciador y ejerce un efecto separado e independiente sobre el riesgo de muerte. Dos de los factores más comunes que contribuyen a la IRA son el shock séptico y la cirugía con CEC. En pacientes sometidos a CEC, la IRA se asocia con malos resultados, estancias hospitalarias prolongadas, aumento de la mortalidad y accidentes cerebro vasculares. En particular, la IRA asociada a CEC se asoció con un aumento de 8,2 veces en la mortalidad hospitalaria. (17).

Se han identificado varios factores de riesgo para predecir el desarrollo de IRA asociada a CEC. Los factores de riesgo se clasifican como factores relacionados con el paciente y relacionados con el procedimiento, y una comprensión integral de estos factores y la IRA, debería contribuir aún más a nuestra capacidad para controlar la IRA asociada a la CEC.(18)

Condiciones del paciente

Una edad avanzada es un factor de riesgo independiente para desarrollar IRA; (19) Por ejemplo, una edad > 70 años es un factor de riesgo independiente para IRA postoperatoria, con un riesgo relativo que oscila entre 2 y 2,232 intervalo de confianza [(IC) del 95%, 1,326-3,757; $p < 0,005$] (20) El sexo femenino es otro factor de riesgo independiente establecido relacionado con el paciente para el desarrollo de IRA asociada a CEC. La mayoría de los meta-análisis han revelado que las mujeres tienen más probabilidades que los hombres de desarrollar IRA después de la operación [odds ratio (OR), 1,21; IC 95%, 1,09-1,33; $p < 0,001$]. El antecedente de tabaquismo también es un factor independiente (OR, 2,008; IC 95%, 1,144-3,524; $P = 0,0151$). Se demostró que una fracción de eyeción del

ventrículo izquierdo (FEVI) < 35 por ciento es un factor de riesgo independiente de IRA postoperatoria (OR, 1,25; IC del 95%, 1,01-2,2; $P = 0,01$). Además, los ensayos clínicos controlados revelaron un alto riesgo de desarrollar IRA en niños con cardiopatías congénitas, con incidencias notificadas que oscilan entre el 29 y el 86 por ciento. (16)

Creatinina

La creatinina se produce de forma endógena a partir de la creatina y el creatina fosfato como resultado de los procesos metabólicos musculares. Se elimina por riñón mediante filtración glomerular. La determinación de la creatinina en suero sirve para el diagnóstico y el control de enfermedades renales agudas y crónicas, así como para la estimación del filtrado glomerular. (21)

Un resultado normal es de 0.7 a 1.3 mg/dL (de 61.9 a 114.9 $\mu\text{mol/L}$) para los hombres y de 0.6 a 1.1 mg/dL (de 53 a 97.2 $\mu\text{mol/L}$) para las mujeres. Las mujeres con frecuencia tienen niveles de creatinina más bajos que los hombres. Esto se debe a que ellas frecuentemente tienen menor masa muscular. El nivel de creatinina varía con base en la talla y la masa muscular de una persona. (22)

Un nivel preoperatorio elevado de creatinina en suero es el factor predictivo de riesgo más importante para la IRA postoperatoria después de la CEC descrito hasta la fecha, (23) como también lo demuestran los niveles pico más altos de creatinina postoperatoria dentro de las 48 horas posteriores a la llegada a la unidad de cuidados intensivos (UCI) asociado con IRA persistente. El riesgo de IRA aumenta 4,8 veces por cada aumento de 1 mg/dl en el nivel de creatinina en suero. El riesgo del paciente de diálisis posoperatoria después de una IRA alcanza el 10-20 por ciento con una concentración de creatinina basal de 2,0-4,0 mg/dl y aproximadamente el 25 por ciento cuando la concentración de creatinina basal es superior a 4,0 mg/dl. Además de inducir el desarrollo de IRA, los niveles de creatinina preoperatorios superiores a 2,5 mg/dl aumentan el riesgo de mortalidad y prolongan la duración de la estancia hospitalaria tras la cirugía de CEC. En

conjunto, estos datos indican el valor de monitorear y enfocarse en niveles aumentados de creatinina a lo largo del período perioperatorio. (16)

Concentración de hemoglobina

Según la evidencia acumulada, la concentración de hemoglobina medida durante la cirugía de CEC está asociada con la incidencia de IRA después de la cirugía de CEC. Según un estudio de *Mark J. Koury* (2015), una concentración de hemoglobina disminuida durante la cirugía de CEC es un factor de riesgo independiente para IRA, con un valor de corte del efecto de <9 g/dL ($<5,6$ mmol/L) (OR, 1,16 por disminución de 1 g/dL; IC del 95%, 1,05-1,31; $p = 0,018$), que no se ve alterado por los valores de saturación y presión de oxígeno arterial sistémico. (3) Otros estudios también respaldan que la concentración baja de hemoglobina incluso dentro del rango normal, así como el nivel de hemoglobina nadir, se asocia con una mayor incidencia de IRA asociada a CEC. (24) Se recomiendan estrategias que mejoren la concentración de hemoglobina, sin que se requiera la transfusión de concentrados globulares ya que es probable que la nefrotoxicidad mediada por hierro libre circulante secundario a hemólisis y hemoglobina libre provoque IRA en pacientes sometidos a cirugía cardíaca con CEC. Por lo que el volumen de glóbulos rojos transfundidos representa un factor de riesgo adicional específico si este tratamiento se administra a pacientes con niveles de hemoglobina > 8 g/dl (> 5 mmol/l). Por lo tanto, los estudios futuros deben investigar más a fondo si las estrategias modificadas de conservación de sangre o la restricción de la transfusión de glóbulos rojos a pacientes con una concentración de hemoglobina <8 g/dL (<5 mmol/L) mejorarán los resultados renales. (16)

La IRA asociada a CEC sigue siendo un problema desafiante con numerosos factores de riesgo, que incluyen edad (> 70 años), sexo femenino, antecedentes de tabaquismo, fracción de eyección del ventrículo izquierdo <35 por ciento, función renal preexistente, aumento de los niveles de creatinina sérica alrededor del período perioperatorio, disminución de la hemoglobina, hemodilución y susceptibilidad

genética. Las mejoras en nuestra comprensión de estos factores y el establecimiento de modelos que predicen la mortalidad serían beneficiosas para las estrategias destinadas a predecir y prevenir la IRA asociada a la CEC. Varios estudios han investigado los posibles mecanismos subyacentes a la IRA asociada a la CEC y han descubierto que la hemoglobina fetal, el hierro libre, el exceso de estrés oxidativo y la disfunción endotelial pueden ser nuevos objetivos terapéuticos para reducir la incidencia de la IRA y mejorar los resultados clínicos de los pacientes después de la cirugía de CEC. (16)

El grado de hemodilución durante CEC se ha identificado recientemente como un factor de riesgo independiente de insuficiencia renal aguda después de operaciones cardíacas. Un alto grado de hemodilución durante la CEC es un factor de riesgo de disfunción renal postoperatoria; sin embargo, sus efectos perjudiciales pueden reducirse aumentando el suministro de oxígeno con un flujo de bomba adecuadamente aumentado. (11)

Se ha propuesto una nomenclatura inclusiva para mejorar la comprensión y la comunicación para clasificar sistemáticamente los criterios funcionales y estructurales para la insuficiencia renal aguda, la enfermedad renal aguda, la enfermedad renal crónica y la enfermedad renal no conocida. La publicación de *Risk, Injury, Failure, Loss, End-stage renal disease criteria* (RIFLE, por sus siglas en inglés / Riesgo, Lesión, Insuficiencia, Pérdida y Enfermedad renal en etapa terminal) creó una definición estándar y ampliamente utilizada para la insuficiencia renal aguda. (3) Estos criterios estandarizados establecieron una manera uniforme para definir la insuficiencia renal aguda, mejorando la precisión en la notificación de la incidencia y los resultados y permitiendo la comparabilidad de los estudios sobre el diagnóstico de la lesión renal aguda. Una limitación significativa de los estándares RIFLE es que subestimó el efecto de pequeños cambios agudos de creatinina sobre la mortalidad como parte del criterio. En respuesta a esta deficiencia, la *Acute Kidney Injury Network* (AKIN, por sus siglas en inglés) modificó los criterios de RIFLE teniendo en cuenta pequeños aumentos en la creatinina (al menos 0,3

mg/dl). (4) En 2012, el grupo de trabajo *Kidney Disease Improving Global Outcomes* (KDIGO, por sus siglas en inglés) ofreció una interpretación cohesiva de los criterios de RIFLE. (5) KDIGO clasifica la presencia de insuficiencia renal aguda a partir de un aumento agudo de la creatinina sérica (≥ 0.3 mg/dl) o un período de oliguria. En lo que respecta al tiempo, el *Acute Dialysis Quality Initiative Group* aclaró recientemente que la «insuficiencia renal aguda» ocurre dentro de las 48 horas o menos, y la «enfermedad renal aguda» ocurre cuando la lesión renal aguda persiste durante 7 días o más.

A pesar de muchas nuevas investigaciones disponibles para mejorar el diagnóstico de IRA, la creatinina y la urea siguen siendo la piedra angular del diagnóstico en la práctica clínica diaria. La creatinina es un producto metabólico de la descomposición del fosfato de creatina en el metabolismo del músculo esquelético. (25) Su utilidad proviene de una tasa de secreción relativamente constante a través de la filtración glomerular, mientras que, por otro lado, no se reabsorbe nada. La creatinina normalmente entra en el torrente sanguíneo y se filtra a través de este a un ritmo, por lo general, constante. La cantidad de creatinina en sangre debe ser relativamente estable. La medición de la creatinina sérica también puede utilizarse para evaluar la rapidez con que los riñones filtran la sangre (tasa de filtración glomerular). Debido a la variabilidad de la creatinina sérica de una persona a otra (que pudiera estar influenciada por la dieta), la tasa de filtración glomerular puede proporcionar una lectura más precisa de la función renal. La fórmula para calcular la tasa de filtración glomerular tiene en consideración el recuento de creatinina sérica y otros factores, como la edad y el sexo. Una puntuación de la tasa de filtración glomerular por debajo de 60 indica una enfermedad renal. El rango de puntuaciones por debajo de 60 puede utilizarse para controlar el tratamiento y la evolución de la enfermedad.

El valor normal del filtrado glomerular es aproximadamente de 130 mL/min/1,73 m² en el varón y 120 mL/min/1,73 m² en la mujer. En el embarazo, aumenta un 50 por ciento durante el primer trimestre y se normaliza tras el parto. El filtrado glomerular disminuye con la edad aproximadamente a una velocidad de 0,75 ml/min/año a partir de los 40 años. (26)

IX. OPERALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE	CONCEPTO	NATURALEZA	INDICADOR	ESCALA
EDAD	Tiempo transcurrido a partir del nacimiento del individuo	Cualitativa	Continua Años	Ordinal
SEXO	Características orgánicas que distinguen a los machos de las hembras	Cualitativa	Continua Femenino / Masculino	Nominal
DIABETES	Enfermedad metabólica crónica caracterizada por niveles elevados de glucosa en sangre	Cualitativa	Continua diabético / No diabético	Nominal
HIPERTENSIÓN	Presión arterial por encima de los parámetros establecidos	Cualitativa	Continua Hipertenso / No	Nominal

	por la OMS mayor de 140/90 mmHg.		Hipertenso	
CREATININA INICIAL	Producto de desecho generalizado por los músculos y excretada por la orina	Cuantitativa	Continua mg/dl	Ordinal
HEMOGLOBINA EN CEC	Proteína en los glóbulos rojos que transporta el oxígeno a todo el cuerpo	Cuantitativa	Continua g/dl	Ordinal
PRESIÓN ARTERIAL MEDIA EN CEC	Presión arterial media mantenida durante la CEC	Cuantitativa	Continua mmHg	Ordinal
ÍNDICE CARDIACO EN CEC	Relación entre el gasto cardiaco y la superficie corporal	Cuantitativa	Continua ml/min/m ²	Ordinal
DIURESIS EN CEC	Cantidad de orina elaborada por el riñón y excretada por cuerpo	Cuantitativa	Continua ml/hr	Ordinal
DO ₂ EN CEC	Entrega de oxígeno al cuerpo durante CEC	Cuantitativa	Continua ml/min/m ²	Ordinal
TIEMPO DE CEC	Tiempo en que la circulación sanguínea del paciente es derivada a una máquina que hará, durante la cirugía, las	Cuantitativa	Continua minutos	Ordinal

	funciones del corazón y los pulmones			
TIEMPO DE PINZAMIENTO AÓRTICO	Tiempo en que la aorta ascendente estaba pinzada	Cuantitativa	Continua minutos	Ordinal
CREATININA 24 HORAS DESPUÉS DE CEC	Producto de desecho generada por los músculos, 24 horas luego se salir de CEC	Cuantitativa	Continua mg/dl	Ordinal
IRA	Ocurre cuando los riñones pierden de repente la capacidad de filtrar los desechos de la sangre	Cualitativa	Continua	Razón
TIEMPO VENTILACION MECANICA	Procedimiento de respiración artificial para suplir o colaborar con la función respiratoria	Cuantitativa	Continua horas	Ordinal

X. RESULTADOS

Para los análisis estadísticos se utilizó el software estadístico *IBM Statistics SPSS V.28*. Se utilizó la prueba de *Kolmogorov Smirnov* para verificar la normalidad de los datos antes de un análisis posterior.

Para relacionar las variables se utilizó correlación de Pearson.

Interpretación de correlación de *Pearson*:

-0.90 = Correlación negativa muy fuerte.

- 0.75 = Correlación negativa considerable.
- 0.50 = Correlación negativa media.
- 0.25 = Correlación negativa débil.
- 0.10 = Correlación negativa muy débil.
- 0.00 = No existe correlación alguna entre las variables.
- +0.10 = Correlación positiva muy débil.
- +0.25 = Correlación positiva débil.
- +0.50 = Correlación positiva media.
- +0.75 = Correlación positiva considerable.
- +0.90 = Correlación positiva muy fuerte.
- +1.00 = Correlación positiva perfecta.

De los 180 registros identificados y luego de eliminar 53 pacientes por los criterios de exclusión, 127 se utilizaron para este estudio. A continuación, se presenta la distribución de pacientes por grupo ver Tabla I.

TABLA 1A: DISTRIBUCION DE PACIENTES

	GRUPO 1 ($DO_2 \geq 272$ ml/min/m ²)	GRUPO 2 ($DO_2 < 272$ ml/min/m ²)	TOTAL
Total de pacientes	42 (33%)	85 (67%)	127 (100%)

Desarrollaron IRA	5 (12%)	17 (20%)	22 (17%)
-------------------	---------	----------	----------

TABLA 1B: DATOS DEMOGRÁFICOS

	GRUPO 1 ($DO_2 \geq 272$ ml/min/m ²) MEDIA / DESVIACIÓN ESTÁNDAR	GRUPO 2 ($DO_2 < 272$ ml/min/m ²) MEDIA / DESVIACIÓN ESTÁNDAR
EDAD	62 ± 8	67 ± 8
ESTATURA PULGADAS	67 ± 3	66 ± 3
PESO EN KG	84 ± 14.	77 ± 14
ÁREA SUPERFICIE CORPORAL	2.0 ± 0.2	1.9 ± 0.2
HEMOGLOBINA INICIAL	13.0 ± 1.2	11.3 ± 1.3
SEXO	FEMENINO- 5 MASCULINO- 40	FEMENINO- 22 MASCULINO- 60

En la tabla 1B podemos observar que 21 por ciento de los pacientes son del sexo femenino y el 79 por ciento sexo masculino, la mayoría de estos se encuentran el grupo 2.

1. Incidencia del sexo y la edad en la IRA

TABLA 1C: CORRELACIÓN ENTRE SEXO, LA IRA Y LA DIURESIS EN CEC EN GRUPO 1 Y GRUPO 2

CORRELACIÓN	GRUPO 1 ($DO_2 \geq 272$ ml/min/m ²)	GRUPO 2 ($DO_2 < 272$ ml/min/m ²)
	CORRELACIÓN DE PEARSON/VALOR DE P	CORRELACIÓN DE PEARSON/VALOR DE P
SEXO/IRA	-0.102 / 0.521	+0.093 / 0.399
SEXO/DIURESIS EN CEC	+0.125 / 0.436	-0.428**/ 0.000*

IRA: Insuficiencia renal aguda, * Significancia estadística <0.05, - = masculino/ + = femenino

Según se observa en la tabla 1C relacionando el sexo con la incidencia de IRA en el grupo 1 estas guardan, según correlación de *Pearson*, una correlación negativa muy débil, mientras que en el grupo 2 la correlación es positiva muy débil. En ambos grupos estas correlaciones no son estadísticamente significativas. Si relacionamos el sexo con la diuresis en CEC, en el grupo 1 la correlación es positiva muy débil estadísticamente no significativa; mientras que en el grupo 2 la correlación fue negativa débil y estadísticamente significativa. Aunque se observe este hallazgo cabe destacar que la población en términos de sexo no es homogénea como lo muestra la tabla 1B.

TABLA 1D: CORRELACIÓN ENTRE LA EDAD, LA IRA Y LA DIURESIS EN CEC EN GRUPO 1 Y GRUPO 2

CORRELACIÓN	GRUPO 1 ($DO_2 \geq 272$ ml/min/m ²)	GRUPO 2 ($DO_2 < 272$ ml/min/m ²)
	CORRELACIÓN DE PEARSON/VALOR DE P	CORRELACIÓN DE PEARSON/VALOR DE P

EDAD/IRA	-0.112 / 0.480	0.240 / 0.027*
EDAD/DIURESIS EN CEC	-0.319 / 0.042*	0.175 / 0.111

IRA: Insuficiencia renal aguda, * Significancia estadística <0.05

La Tabla 1D muestra que entre la edad y la incidencia de IRA en el grupo 1, estas guardan, según correlación de *Pearson*, una correlación negativa muy débil y estadísticamente no significativa, mientras que en el grupo 2 la correlación fue positiva débil y estadísticamente significativa. Si relacionamos la edad con la diuresis en CEC, en el grupo 1 la correlación fue negativa débil estadísticamente significativa, mientras que en el grupo 2 la correlación fue positiva muy débil y estadísticamente no significativa.

2. Comportamiento de la creatinina a las primeras 48 horas en ambos grupos

TABLA 2A: COMPORTAMIENTO DE LA CREATININA EN AMBOS GRUPOS EN DIFERENTES TIEMPOS

	GRUPO 1 ($DO_2 \geq 272$ ml/min/m ²)	Aumento sobre el nivel basal (%)	GRUPO 2 ($DO_2 < 272$ ml/min/m ²)	Aumento sobre el nivel basal (%)
CREATININA INICIAL (mg/dl)	0.89 ±0.14 (SD)	-	0.88 ±0.17 (SD)	-
CREATININA 24 HORAS (mg/dl) POSTOPERATORIO	1.01 ± 0.18 (SD)	+ 11%	1.08 ± 0.28 (SD)	+19%

	GRUPO 1 (DO ₂ ≥ 272 ml/min/m ²)	Aumento sobre el nivel basal (%)	GRUPO 2 (DO ₂ < 272 ml/min/m ²)	Aumento sobre el nivel basal (%)
CREATININA 48 HORAS (mg/dl) POSTOPERATO RIO	0.97 ±0.19 (SD)	+8%	0.99 ±0.28 (SD)	+11%

SD: Desviación Estándar, por sus siglas en inglés

En relación con la tabla 2A, el comportamiento de la creatinina a las primeras 48 horas en ambos grupos es similar. La tendencia observada en los pacientes en cuyo nivel de creatinina aumentó a las 24 horas es de 11 por ciento en el grupo 1 y 19 por ciento en el grupo 2, ambos grupos mostraron una tendencia a disminuir a las 48 horas estando en un 9 por ciento y un 13 por ciento sobre los niveles basales respectivamente para grupo 1 y grupo 2.

TABLA 2B: CORRELACIÓN ENTRE LA CREATININA INICIAL Y LA IRA EN GRUPO 1 Y GRUPO 2

CORRELACIÓN	GRUPO 1 (DO ₂ ≥ 272 ml/min/m ²)	GRUPO 2 (DO ₂ < 272 ml/min/m ²)
	CORRELACIÓN DE PEARSON/VALOR DE P	CORRELACIÓN DE PEARSON/VALOR DE P
CREATININA INICIAL/IRA	-0.253 / 0.106	0.081 / 0.461

IRA: Insuficiencia renal aguda

Con relación a la tabla 2B, en cuanto a la Creatinina inicial y IRA, en el grupo 1 estas guardan, según correlación de *Pearson*, una correlación negativa muy débil y en el grupo 2 la correlación positiva débil, siendo estas estadísticamente no significativas en ambos grupos.

TABLA 2C: CORRELACIÓN ENTRE LA CREATININA INICIAL Y LA DIURESIS EN CEC

CORRELACIÓN	GRUPO 1 ($DO_2 \geq 272$ ml/min/m ²)	GRUPO 2 ($DO_2 < 272$ ml/min/m ²)
	CORRELACIÓN DE PEARSON/VALOR DE P	CORRELACIÓN DE PEARSON/VALOR DE P
CREATININA INICIAL/DIURESIS EN CEC	0.027 / 0.868	-0.249 / 0.022*

* Significancia estadística <0.05

Según evidencia la Tabla 2C, en el grupo 1, la creatinina inicial no guardó correlación con la diuresis en CEC. En el grupo 2 la creatinina inicial guardó correlación negativa débil y estadísticamente significativa con la diuresis en CEC.

3. Relación de la presión arterial media y diuresis en CEC, la presión arterial media con la incidencia de IRA y la diuresis en CEC con la incidencia de IRA.

TABLA 3: CORRELACIÓN ENTRE PRESIÓN ARTERIAL MEDIA, DIURESIS EN CEC e IRA

CORRELACIÓN	GRUPO 1	GRUPO 2
-------------	---------	---------

	(DO ₂ ≥ 272 ml/min/m ²)	(DO ₂ < 272 ml/min/m ²)
	CORRELACIÓN DE PEARSON/VALOR DE P	CORRELACIÓN DE PEARSON/VALOR DE P
PAM/DIURESIS EN CEC	0.152 / 0.342	0.311 / 0.004*
PAM/IRA	-0.136 / 0.390	0.028 / 0.799
DIURESIS EN CEC/IRA	-0.220 / 0.167	0.089 / 0.421

PAM: Presión arterial media, IRA: Insuficiencia renal aguda, * Significancia estadística <0.05

Según se observa en la Tabla 3, considerando la presión media y la diuresis en CEC, en ambos grupos la correlación entre estas, según correlación de Pearson, es débil pero en el grupo 1 es estadísticamente no significativa mientras que en grupo 2 sí es estadísticamente significativa. La correlación entre PAM y la incidencia de IRA es negativa débil en el grupo 1 y positiva muy débil en el grupo 2 y en ambos grupos estadísticamente no significativas. La correlación entre la diuresis en CEC y la incidencia de IRA es negativa débil en el grupo 1 y positiva muy débil en el grupo 2 y en ambos grupos estadísticamente no significativas.

4- Relación hipertensión, diabetes y tiempo de ventilación mecánica con la incidencia de IRA

TABLA 4: CORRELACIÓN ENTRE HIPERTENSIÓN, DIABETES, TIEMPO VENTILACIÓN MECÁNICA e IRA

CORRELACIÓN	GRUPO 1 (DO ₂ ≥ 272 ml/min/m ²)	GRUPO 2 (DO ₂ < 272 ml/min/m ²)

	CORRELACIÓN DE PEARSON/VALOR DE P	CORRELACIÓN DE PEARSON/VALOR DE P
HIPERTENSIÓN/DIABETES	0.268 / 0.087	0.406 / 0.000*
HIPERTENSIÓN/TVM	0.127 / 0.424	-0.216 / 0.047*
HIPERTENSIÓN/IRA	0.170 / 0.282	0.025 / 0.818
DIABETES/TVM	-0.071 / 0.656	-0.046 / 0.675
DIABETES/IRA	0.549 / 0.000*	-0.129 / 0.238

TVM: Tiempo de ventilación mecánica, IRA: Insuficiencia renal aguda, * Significancia estadística <0.05

Según se observa en la Tabla 4, entre la diabetes y la hipertensión observamos una correlación positiva débil en ambos grupos, pero estadísticamente no significativa en el grupo 1 y significativa en el grupo 2.

Si relacionamos la hipertensión con el TVM, la correlación entre estas es positiva muy débil y estadísticamente no significativa en el grupo 1 y negativa débil y estadísticamente significativa en el grupo 2. En cuanto a la hipertensión y la incidencia de IRA estas tuvieron una correlación positiva muy débil estadísticamente no significativa en ambos grupos. Entre la diabetes y el TVM, la correlación entre variables es negativa, muy débil y estadísticamente no significativa en ambos grupos. La diabetes y la incidencia de IRA tuvieron una correlación positiva moderada estadísticamente significativa en el grupo 1 y negativa muy débil estadísticamente no significativa en el grupo 2.

5- Relacionar el tiempo de CEC y tiempo de pinzamiento aórtico y la incidencia de IRA

TABLA 5: CORRELACIÓN ENTRE TIEMPO DE CEC, PINZAMIENTO AORTICO e IRA

CORRELACIÓN	GRUPO 1 ($DO_2 \geq 272$ ml/min/m ²)	GRUPO 2 ($DO_2 < 272$ ml/min/m ²)
	CORRELACIÓN DE PEARSON/VALOR DE P	CORRELACIÓN DE PEARSON/VALOR DE P
TIEMPO CEC/IRA	-0.243 / 0.120	0.211 / 0.052
TIEMPO PINZAMIENTO AÓRTICO/IRA	-0.263 / 0.096	0.064 / 0.563

IRA: Insuficiencia renal aguda

En cuanto a el tiempo de CEC y la IRA, en la tabla 5 podemos observar que en el grupo 1 la correlación fue negativa débil y en el grupo 2 fue positiva débil y no significativa estadísticamente en ambos grupos. Lo mismo se pudo observar en la correlación del tiempo de pinzamiento aórtico y la IRA.

6- Relacionar el tiempo de CEC, pinzamiento aórtico con el TVM y este con la incidencia de IRA

TABLA 6: RELACIONAR EL TIEMPO DE CEC, TIEMPO DE PINZAMIENTO AORTICO, TVM e IRA

CORRELACIÓN	GRUPO 1 ($DO_2 \geq 272$ ml/min/m ²)	GRUPO 2 ($DO_2 < 272$ ml/min/m ²)
	CORRELACIÓN DE PEARSON/VALOR DE P	CORRELACIÓN DE PEARSON/VALOR DE PI

TIEMPO CEC / TVM	0.360 / 0.019*	0.264 / 0.014*
TIEMPO DE PINZAMIENTO AÓRTICO / TVM	0.434 / 0.005*	0.322 / 0.003*
TVM / IRA	-0.212 / 0.179	0.073 / 0.507

TVM: Tiempo de ventilación mecánica, IRA: Insuficiencia renal aguda, * Significancia estadística <0.05

Según los datos registrados en la Tabla 6, la correlación entre el tiempo en bomba y el tiempo de ventilación mecánica es positiva, débil y estadísticamente significativa en ambos grupos. Igual se observó entre el tiempo de pinzamiento aórtico y el tiempo de ventilación mecánica.

7- Relacionar los niveles de DO₂ durante CEC y el diagnóstico de IRA en el postoperatorio.

TABLA 7: CORRELACIÓN ENTRE DO₂ e IRA

CORRELACIÓN	GRUPO 1 (DO₂ ≥ 272 ml/min/m²)	GRUPO 2 (DO₂ < 272 ml/min/m²)
	CORRELACIÓN DE PEARSON/VALOR DE P	CORRELACIÓN DE PEARSON/VALOR DE P
DO ₂ /IRA	-0.006 / 0.970	-0.039 / 0.723

DO₂: Suministro de oxígeno indexado, RA: Insuficiencia renal aguda

Según se observa en la Tabla 7, tanto en el grupo 1 como en el grupo 2, el DO₂ guarda una correlación negativa muy débil y estadísticamente no significativa con la incidencia de IRA.

Al ser esta correlación no significativa, se decidió realizar un análisis de subgrupo con los pacientes que resultaron con IRA en el postoperatorio. Los datos relevantes de este análisis se resumen en la tabla 8.

TABLA 8: CORRELACIONES RELEVANTES EN EL ANÁLISIS DE SUBGRUPO

CORRELACIONES RELEVANTES	GRUPO 1 (DO₂ ≥ 272 ml/min/m²)	GRUPO 2 (DO₂ < 272 ml/min/m²)
	CORRELACIÓN DE PEARSON/VALOR DE P	CORRELACIÓN DE PEARSON/VALOR DE P
HIPERTENSIÓN / DIURESIS EN CEC	-0.923 / 0.025*	
CREATININA INICIAL / CREATININA EN 24 HORAS	0.950 / 0.013*	0.887 / 0.000*
DIURESIS EN CEC / HEMOGLOBINA	0.954 / 0.012*	0.497 / 0.042*
TIEMPO DE CEC / TVM		0.528 / 0.000*
TIEMPO DE PINZAMIENTO AÓRTICO / TVM		0.693 / 0.002*

TVM: Tiempo de ventilación mecánica, * Significancia estadística <0.05

Según observado en la Tabla 8, cuyos resultados corresponden al análisis de subgrupo, podemos observar una correlación negativa muy fuerte y estadísticamente significativa entre la hipertensión y la diuresis en CEC en los pacientes del grupo 1 y no se observa relación de estas variables en el grupo 2. Se observa una correlación positiva muy fuerte y estadísticamente significativa entre la creatinina inicial y la creatinina en 24 horas en los pacientes de ambos grupos. Por otro lado, entre la diuresis en CEC y la hemoglobina se observa una correlación

positiva muy fuerte en el grupo 1 y positiva media en el grupo 2 y estadísticamente significativa en ambos grupos. Relacionando el tiempo de CEC con el TVM y tiempo de pinzamiento aórtica con el TVM, se observa en ambos una correlación positiva de moderada a considerable y estadísticamente significativa en el grupo 2. El sexo muestra una correlación negativa (sexo masculino) de considerable a muy fuerte y estadísticamente significativa con los valores de creatinina inicial y a las 24 horas en el grupo 2.

XI. DISCUSIÓN

Relacionando el sexo con la incidencia de IRA, en el grupo 1, éstos guardan una correlación negativa (sexo masculino) muy débil, mientras que en el grupo 2 la correlación es positiva (sexo femenino) muy débil. En ambos grupos estas correlaciones no son estadísticamente significativas. La evidencia científica nos habla de una tendencia en el sexo femenino a desarrollar IRA cuando el DO_2 es < 272 ml/min/m², en un meta análisis realizado por Joel Neugarten (2016), en el que se establece que el sexo femenino es un factor de riesgo independiente establecido relacionado con el paciente para el desarrollo de IRA asociada a CEC y donde quedó demostrado que las mujeres tienen más probabilidades que los hombres de desarrollar IRA después de la operación (27) En nuestro estudio no podemos establecer una relación con lo escrito en la literatura por nuestra distribución por sexo dentro de la muestra.

Si relacionamos el sexo con la diuresis en CEC, en el grupo 1 la correlación es débilmente positiva y estadísticamente no significativo; mientras que en el grupo 2 la correlación fue débilmente negativa y estadísticamente significativo, con lo cual podemos inferir que a pesar de tener un $DO_2 < 272$ ml/min/m², el sexo masculino tiene una tendencia a tener una diuresis en CEC mayor que el sexo femenino, esto teniendo en cuenta que se debe considerar la distribución por sexo heterogénea dentro de la muestra de nuestro estudio. Ver Tabla 1B.

La valoración del gasto urinario no era considerada como un factor para el pronóstico de la IRA en CEC. En un estudio retrospectivo que involucró 696 pacientes, realizado en el por Song Young (2016), demuestran la relevancia predictiva de la diuresis en CEC con respecto al riesgo de IRA postoperatoria. (28) (29) (28) (29) Por lo tanto, la evaluación de la cantidad de diuresis durante la CEC puede ser el método de diagnóstico más simple y rápido, pero se requiere un enfoque integral.

En nuestro estudio, se analizó la relación de la edad con la incidencia de IRA, lo que resultó que en el grupo 1, esta guarda una correlación negativa muy débil y estadísticamente no significativa, mientras que en el grupo 2 la correlación fue positiva muy débil y estadísticamente significativa con lo cual podemos intuir que cuando el DO_2 es < 272 ml/min/m², a mayor edad la incidencia de IRA es mayor. Si relacionamos la edad con la diuresis en CEC, en el grupo 1 la correlación fue negativa débil estadísticamente significativa, mientras que en el grupo 2 la correlación fue positiva débil y estadísticamente no significativa, por lo que la tendencia es que a pesar un $DO_2 \geq 272$ ml/min/m², a mayor edad la diuresis va a ser menor.

Niveles de Creatinina elevados en el preoperatorio es el factor predictivo de riesgo más importante para la IRA postoperatoria después de la CEC descrita hasta la actualidad. (16) Nicolás Huggins y cols (2014), estudiaron Incidencia de lesión renal aguda después de un cateterismo cardíaco previo a un bypass cardiopulmonar el cual reveló que la creatinina sérica previa al cateterismo era un factor de riesgo de IRA posterior a la CEC, (23)

En nuestro estudio, el comportamiento de la creatinina a las primeras 24 horas en ambos grupos es similar. En cuanto a la creatinina inicial e IRA, en el grupo 1 estas guardan una correlación negativa muy débil y en el grupo 2 la correlación es positiva débil, siendo estas estadísticamente no significativas en ambos grupos. La tendencia observada en los pacientes en cuyo nivel de creatinina

aumentó a las 24 horas fue una disminución de ésta, casi a niveles basales, a las 48 horas en ambos grupos. Aunque la literatura repite en numerosas publicaciones que a mayor valor de creatinina mayor posibilidad de desarrollar IRA, este hallazgo no fue observado en esta población, por lo que se realizó un análisis de subgrupo de solo aquellos pacientes que desarrollaron IRA, el cual se discute más abajo.

En el grupo 1, la creatinina inicial guardó correlación positiva muy débil y estadísticamente no significativa con la diuresis en CEC. En el grupo 2 la creatinina inicial guardó correlación negativa débil y estadísticamente significativa con la diuresis en CEC. Esto significa que a mayor nivel basal de creatinina expuesto a un DO_2 crítico < 272 ml/min/m² menor producción de diuresis.

La hipoperfusión renal que se produce durante la hipotensión en CEC es un factor de riesgo potencialmente modificable de IRA. De igual manera como ocurre en la autorregulación en el cerebro, el flujo de sangre al riñón se autorregula para garantizar la perfusión en un rango de presiones arteriales. Hay estudios que confirman cómo la PAM durante la CEC, influye en el flujo de orina. (30) En nuestro estudio, la presión media y la diuresis en CEC, en ambos grupos la correlación entre estas es positiva muy débil pero en el grupo 1 es estadísticamente no significativa mientras que en grupo 2 sí es estadísticamente significativo, lo cual podemos inferir que con un $DO_2 < 272$ ml/min/m², una mayor presión media ayuda a que la diuresis sea mayor. La correlación entre PAM y la incidencia de IRA es negativa débil en el grupo 1 y positiva muy débil en el grupo 2 y en ambos grupos estadísticamente no significativas. La correlación entre la diuresis en CEC y la incidencia de IRA es negativa débil en el grupo 1 y positiva muy débil en el grupo 2 y en ambos grupos estadísticamente no significativas. Estos datos, aunque no estadísticamente significativos sugieren que una mayor presión arterial media favorece a la diuresis en CEC, pero cuando el DO_2 está por debajo del valor crítico, esto no es suficiente para evitar la incidencia de IRA en el postoperatorio.

Entre la hipertensión y diabetes observamos una correlación positiva débil en ambos grupos, pero estadísticamente no significativa en el grupo 1 y significativa en el grupo 2, con lo podemos inferir que cuando el DO_2 está por debajo del valor crítico, la diabetes y la hipertensión arterial son factores que aumentan el riesgo de incidencia de IRA en el posoperatorio.

En cuanto a la hipertensión y la incidencia de IRA, estas tuvieron una correlación positiva muy débil estadísticamente no significativa en ambos grupos, mostrando la hipertensión como un factor de riesgo que pudiera favorecer la incidencia de IRA en el posoperatorio, pero en este estudio esta relación no es estadísticamente significativa.

Entre la diabetes y el TVM, la correlación entre estas es negativa, muy débil y estadísticamente no significativa en ambos grupos.

En cuanto a la diabetes y la incidencia de IRA tuvieron una correlación positiva moderada estadísticamente significativa en el grupo 1 y negativa muy débil estadísticamente no significativa en el grupo 2, por lo cual podemos deducir que a pesar de un DO_2 en CEC ≥ 272 ml/min/m², el diabético tiene mayor riesgo de desarrollar IRA en el posoperatorio. Llama la atención de porqué niveles por debajo del DO_2 crítico en pacientes diabéticos no desarrollan IRA. La correlación entre el tiempo de CEC y la incidencia de IRA en el posoperatorio es negativa débil en el grupo 1 y positiva débil en el grupo 2, pero estadísticamente no significativas.

La correlación entre el tiempo de pinzamiento aórtico y la incidencia de IRA en el postoperatorio es negativa débil en el grupo 1 y positiva débil en el grupo 2, pero estadísticamente no significativas. Lo que evidencia que un $DO_2 \geq 272$ ml/min/m² puede ser un factor protector en casos de periodos extendidos de tiempo de CEC y pinzamiento aórtico. Mientras que en pacientes perfundidos con $DO_2 < 272$ ml/min/m² a mayor el tiempo de CEC mayor incidencia de IRA.

Es comúnmente aceptado que cuanto mayor sea el tiempo en CEC, mayor es la probabilidad de desarrollar insuficiencia renal aguda. Mientras otros estudios evidencian que no hay correlación estadísticamente significativa entre el tiempo en CEC y la IRA. Sugiriendo que una evaluación de riesgos precisa podría ser más importante que el tiempo de CEC para determinar la ocurrencia de IRA. (31)

La correlación entre el tiempo en CEC y el tiempo de ventilación mecánica como en el tiempo de pinzamiento aórtico y el tiempo de ventilación mecánica, en ambas es positiva débil y estadísticamente significativa. Esto evidencia que a mayor tiempo de CEC y pinzamiento aórtico mayor va a ser el tiempo de ventilación mecánica, hecho que evidencian algunos estudios. (32)

En cuanto al aporte de oxígeno o DO_2 tanto en el grupo 1 como en el grupo 2, el DO_2 guarda una correlación negativa muy débil y estadísticamente no significativa con la incidencia de IRA. Ambos grupos se comportan revelando que a menor aporte de oxígeno mayor incidencia de IRA, aunque en ambos grupos la correlación no fue estadísticamente significativa. Lo que al igual que otros estudios realizados anteriormente, no se encuentra una correlación estadísticamente significativa entre el DO_2 y la incidencia de IRA en el postoperatorio. (33) (12) (33)

En vista a los hallazgos obtenidos y para evitar sesgos se propone un análisis de subgrupo, solo con los pacientes que desarrollaron IRA en el postoperatorio, el cual revela lo expuesto en la Tabla 8 donde podemos observar:

- En los pacientes cuyo DO_2 en CEC fue ≥ 272 ml/min/m², la hipertensión fue un factor de riesgo independiente para el desarrollo de la IRA.
- En ambos grupos se observa una correlación positiva muy fuerte y estadísticamente significativa entre los valores de creatinina inicial y creatinina a las 24 horas, lo cual nos evidencia que independientemente de los valores de DO_2 , mientras más alto el nivel de creatinina en el preoperatorio, mayor será el incremento en el postoperatorio.

- En la relación entre la diuresis y la hemoglobina en CEC, se observó una correlación positiva de moderada a muy fuerte y estadísticamente significativa, Indiferentemente del valor de DO_2 de los pacientes en CEC, una mayor diuresis tiene como resultado una mayor hemoconcentración y por consiguiente mayor nivel de hemoglobina.
- En los pacientes que resultaron con IRA y cuyo DO_2 en CEC fue < 272 ml/min/m² se observa una correlación positiva de moderada a considerable y estadísticamente significativa entre los tiempos de CEC y Pinzamiento aórtico y con el TVM. Esto es congruente con estudios que evidencian que un mayor tiempo de CEC con DO_2 por debajo del nivel crítico, mayor será la incidencia de IRA en el postoperatorio. (34)
- En los pacientes que resultaron con IRA en el posoperatorio y cuyo DO_2 en CEC fue < 272 ml/min/m², los valores de creatinina inicial y a las 24 horas tuvieron una correlación negativa (sexo masculino) muy fuerte y estadísticamente significativa, por lo tanto el sexo masculino se relacionó con niveles más altos de creatinina inicial y las 24 horas. aunque en este estudio el sexo masculino es prevalente sobre el femenino con una distribución heterogénea.

XII. CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos en este estudio existe una correlación significativa de desarrollo de Insuficiencia renal aguda con el mantenimiento de entrega de oxígeno menor a 272 ml/min/m².

Se necesitan más estudios donde se puedan incluir análisis de variables como lactato, y renina para establecer que tanto se puede perfundir de manera global aun no teniendo niveles de DO_2 mayores del umbral crítico establecido en

otras investigaciones. Es necesario establecer una terapia dirigida por objetivo individualizada.

En el análisis de subgrupo para evaluar con mayor atención los pacientes que desarrollaron IRA del total de la muestra, podemos concluir en relación con la hipótesis de este trabajo, que se rechaza la hipótesis nula prevaleciendo la hipótesis alterna que dice que el nivel de DO_2 durante la CEC sí tiene relación con la insuficiencia renal aguda en el posoperatorio como demuestran otros estudios recientes.

En este estudio no se pudo determinar si el sexo tiene relación con la incidencia de IRA en el posoperatorio.

En centros hospitalarios donde se restringe el uso de transfusiones es importante mantener un índice cardiaco mayor de 2.8 ml/min/m² y la utilización de técnicas de ahorro sanguíneo con el fin de mantener un DO_2 óptimo.

XIII. RECOMENDACIONES

Obtener, adicional al cálculo del DO_2 , el cálculo del consumo de oxígeno (VO_2) para tener en consideración las demandas de oxígeno de cada paciente, ya que si el VO_2 del paciente está disminuido, aunque el DO_2 esté por debajo del valor crítico el organismo sigue recibiendo la cantidad de oxígeno necesario. Realizar análisis de variables como lactato y renina para establecer que tanto se puede perfundir de manera global aun no teniendo niveles de DO_2 mayores del umbral crítico establecido en otras investigaciones.

XIV. LIMITACIONES

Como limitaciones en este estudio se identificó el no tener registrados los valores de SvO_2 y así por ende el VO_2 y análisis de renina para valorar la demanda individual de oxígeno de cada paciente y poder determinar posibles factores

protectores en caso de un DO_2 por debajo del valor crítico establecido. Otra limitación identificada fue el no tener una población más homogénea en relación al sexo.

XV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Hessel E. A. 2. A Brief History of Cardiopulmonary Bypass. . Seminars in . cardiothoracic and vascular anesthesia. 2014; 18(2): p. 87–100.
- 2 Hu J CRLSYXZJDX. Global Incidence and Outcomes of Adult Patients with Acute . Kidney Injury after Cardiac Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Cardiothorac Vasc Anesth. 2016; 30(1): p. 82-89.
- 3 Mark E. Thomas CBADMAJDSFCLSLALDVMaMO. The definition of acute kidney . injury and its use in practice. Kidney International. 2015; 87: p. 63-73.
- 4 M. Bagshaw CGRB. ANZICS Database Management Committee.A comparison of . the RIFLE and AKIN criteria for acute kidney injury in critically ill patients. Nephrol Dial Transplant. 2008; 23: p. 1569-1574.
- 5 Disease K. Improving Gal Outcomes (KDIGO) Acute Kidney Injury Work Group . KDIGO Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. Kidney Int Suppl. 2012; 2(1): p. 1–138.
- 6 FJ GdIR. Insuficiencia Renal Aguda. En: Lorenzo V., López Gómez JM. Eds . Nefrología al día. 2023.
- 7 Luo X JLDBWYWMXX. Beijing Acute Kidney Injury Trial (BAKIT) workgroup. A . comparison of different diagnostic criteria of acute kidney injury in critically ill

- . patients. Crit Care. 2014 Jul 8; 18(4).
- 8 Marco Ranucci MD F,IJCTWCRABPCCBMPABMGAJCFdSCPEB(ASAFRPP.
 . Goal- directed perfusion to reduce acute kidney injury: A randomized trial. Journal
 of Thoracic and Cardiovascular Surgery. 2018 November; 156(5): p. 1918-1927.
 e2.
- 9 Rojas JRA ORMB. Hemodilución Normovolémica aguda en pacientes sometidos a
 . revascularización coronaria. Rev Mex Anest. 2003; 26(1): p. 13-16.
- 1 Juan Carlos Santos Jiménez JMJBjMGN. Perfusión dirigida a objetivos. REVISTA
 0 ESPAÑOLA DE PERFUSIÓN. 2019; 66(1): p. 5-11.
 .
- 1 Ranucci M RFIGCMBSBADA. Oxygen delivery during cardiopulmonary bypass and
 1 acute renal failure after coronary operations. Ann Thorac Surg. 2005 December;
 . 80(6): p. 2213-2220.
- 1 Hendrix RHJ GYWP. Oxygen delivery, oxygen consumption and decreased Kidney
 2 function after cardiopulmonary bypass. PLoS One. 2019; 14(11).
 .
- 1 Ariturk C OZKMUH0EAUKHTF. Comparative effects of hemodilutional anemia
 3 and transfusion during cardiopulmonary bypass on acute Kidney injury: a
 . prospective randomized study. Heart Surg Forum. 2015 Aug 30; 18(4): p. 154-160.
- 1 Lannemyr L BGHARBRs. Impact of Cardiopulmonary Bypass Flow on Renal
 4 Oxigenation in Patients Undergoing Cardiac Operations. Ann Thorac Surg. 2019
 . Feb; 107(2): p. 505-511.

- 1 Connie W. Tsao AWAZIACAAPAclaCMBSAZBAKBAEBYCMMSEKRECEN. Heart
5 Disease and Stroke Statistics—2023 Update: A Report From the American Heart
. Association. *Circulation*. 2023; 174(8): p. e93–e621.
- 1 Liu D, LB, LZ, YZ, MF, YY, & HW. Acute Kidney Injury following Cardiopulmonary
6 Bypass: A Challenging Picture. *Oxidative medicine and cellular longevity*. 2021.
.
- 1 Haase-Fielitz A. HM, BR, DD. Genetic polymorphisms in sepsis- and
7 cardiopulmonary bypass-associated acute kidney injury. *Contributions to
. Nephrology*. 2007; 156: p. 75–91.
- 1 Ostermann M. E. TD, MCJ, ETW. Acute renal failure following cardiopulmonary
8 bypass: a changing picture.. *Intensive Care Medicine*. 2000; 26(5): p. 565–571.
.
- 1 H RM. Acute kidney injury in the elderly. *Clinics in Geriatric Medicine*. 2013; 29(3):
9 p. 565–578.
.
- 2 Ge Ng R. R. HCST, LW, KTL. Persistent kidney injury at hospital discharge after
0 cardiac surgery with cardiopulmonary bypass in patients with normal preoperative
. serum creatinine and normal estimated glomerular filtration rate. *Journal of
Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2014; 28(6): p. 1453-1458.
- 2 Perazzi Beatriz AM. Creatinina en sangre: calidad analítica e influencia en la
1 estimación del Índice de Filtrado Glomerular. *Acta bioquím. clín. latinoam*. 2011;
. 45(2): p. 265-272.
- 2 Landry DW BH. Approach to the patient with renal disease.. In Goldman L SA..

- 2 Philadelphia, PA: eds. Goldman-Cecil Medicine. ; 2020.
- .
- 2 Huggins N. NA,MV,ea. Incidence of acute kidney injury following cardiac
3 catheterization prior to cardiopulmonary bypass in children.. Catheterization and
. Cardiovascular Interventions. 2014; 84(4): p. 615–619.
- 2 Michelle C. Ellis MD. Nadir Hematocrit on Bypass and rates of Acute Kidney Injury:
4 Does Sex matter? The Annals Of Thoracic Surgery. 2015; 100(5): p. 1549-15555.
- .
- 2 Pandya D,NAK,&RKS. Assessment and Correlation of Urea and Creatinine Levels
5 in Saliva and Serum of Patients with Chronic Kidney Disease, Diabetes and
. Hypertension- A Research Study. Journal of clinical and diagnostic research.
2016; 10(10): p. ZC58–ZC62.
- 2 Higgins. C. Urea and creatinine concentration, the urea:creatinine ratio. Acute
6 Care testing. 2016.
- .
- 2 Neugarten J, Sandilya S, Singh B, Golestaneh L. Sex and the Risk of AKI
7 Following Cardio-thoracic Surgery: A Meta-Analysis |. Clinical Journal of the
. American Society of Nephrology. 2016. December; 11(12): p. 2113-2122.
- 2 Song Y,KDW,KYL,KBS,JHM,JJW,&YYC. Urine Output During Cardiopulmonary
8 Bypass Predicts Acute Kidney Injury After Cardiac Surgery: A Single-Center
. Retrospective Analysis. Medicine. 2016; 95(22): p. e3757.
- 2 Jing H,LM,TSea. Predicting the risk of acute kidney injury after cardiopulmonary
9 bypass: development and assessment of a new predictive nomogram.. BMC

- . Anesthesiol. 2022; 22: p. 379.
- 3 Hori D,KNM,FDM,OM,BVM,LLC,YG,&HCW. Defining oliguria during
0 cardiopulmonary bypass and its relationship with cardiac surgery-associated acute
. kidney injury. British journal of anaesthesia. 2016; 117(6): p. 733-740.
- 3 Mancini E CFRMSDRLFGZABASA. Is time on cardiopulmonary bypass during
1 cardiac surgery associated with acute kidney injury requiring dialysis?. Hemodial
. Int. 2012 Apr; 16(2): p. 252-258.
- 3 Sharma V RVMCBAFSWM. A derived and validated score to predict prolonged
2 mechanical ventilation in patients undergoing cardiac surgery.. J Thorac
. Cardiovasc Surg. 2017; 153(1): p. 108-115.
- 3 Juan Carlos Santos Palominio MCSPCCSMRRACLRCV. Aporte de oxígeno
3 durante la CEC e insuficiencia renal aguda: estudio preliminar. Revista Española
. de Perfusión. 2019; 67(2).
- 3 Miguel Armengol de la Hoz VRABBXXVNBSBS. Intraoperative Hypotension and
4 Acute Kidney Injury, Stroke, and Mortality during and outside Cardiopulmonary
. Bypass: A Retrospective Observacional Cohort Study. Anesthesiology. 2022;
136(1): p. 927-939.

XVI. CRONOGRAMA

Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Elección del Tema																
Elaboración de la propuesta																
Reunión con involucrados																
Búsqueda de la bibliografía																
Elaboración base de datos																
Recolección de datos																
Análisis de los datos																
Elaboración de informe																

XVII. COSTOS Y RECURSOS.

Insumos	Cantidad	Precio Unitario	Total
Pago Analizador Estadístico	1	RD \$16,500	RD \$16,500
Resma de papel	1	RD \$ 550	RD \$ 550
Impresión y encuadernación de Informe	3	RD \$ 990	RD \$ 2,970
	3	RD \$ 2,035	RD \$ 6,105
Total			RD \$ 26,125

XVIII. MATERIAL DE RECOLECCIÓN DE DATOS

VARIABLES PREOPERATORIO	PTE 1	PTE 2	PTE 3	PTE 4	PTE XXX
GASES ARTERIALES					
HEMOGLOBINA					
DO ₂					
DIURESIS					
GASTO CARDIACO					
ÍNDICE CARDIACO					
BUN / CREATININA / GFR					
PRESIÓN ARTERIAL MEDIA					
VARIABLES EN CEC					
PRESIÓN ARTERIAL MEDIA 1*					
GASES ARTERIALES 1*					
HEMOGLOBINA 1*					
DO ₂ 1*					
PRESIÓN ARTERIAL MEDIA 2**					
GASES ARTERIALES 2**					
HEMOGLOBINA 2**					

DO ₂ 2**					
---------------------	--	--	--	--	--

* Datos a los 20 minutos de comenzar CEC, ** Datos antes de salir de CEC

DIÉRESIS EN CEC					
TIEMPO DE CEC					
TIEMPO DE PINZAMIENTO AÓRTICO					
VARIABLES POSOPERATORIO					
HEMOGLOBINA					
PRESIÓN ARTERIAL MEDIA					
GASTO CARDIACO					
ÍNDICE CARDIACO					
BUN / CREATININA / GFR 24 HORAS					
BUN / CREATININA / GFR 48 HORAS					
BUN / CREATININA / GFR 72 HORAS					
TIEMPO DE VENTILACIÓN MECÁNICA					

XIX EVALUACIÓN

Sustentante

Francisco Rodríguez

Asesores:

Francisco Rodríguez
Dr. Fradwikigns Vargas Reyes

Brigida Aguerrevere
Lcda. Brigida Aguerrevere

Autoridades:

Jefe Depto. Enseñanza

Brigida Aguerrevere
Jefe Depto. Perfusión

Claridania Rodríguez
Dra. Claridania Rodríguez
UNPHU



William Duke
Dr. William Duke
UNPHU

Fecha de Presentación: 28/7/2023

Calificación: 93.4

