



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE MEDICINA

INSTITUTO NACIONAL DE CARDIOLOGIA IGNACIO CHAVEZ

**FACTORES ASOCIADOS AL DESARROLLO DE CRITERIOS DE INICIO DE
TERAPIA DE REEMPLAZO RENAL EN PACIENTES EN UNIDADES DE
CUIDADOS INTENSIVOS CARDIOVASCULARES**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN NEFROLOGÍA**

PRESENTA:

DIEGO SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS:

DR. ARMANDO VÁZQUEZ RANGEL



CIUDAD DE MEXICO



JULIO 2024

Dirección de Enseñanza



Universidad Nacional
Autónoma de México

Biblioteca Central

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

**FACTORES ASOCIADOS AL DESARROLLO DE CRITERIOS DE INICIO DE
TERAPIA DE REEMPLAZO RENAL EN PACIENTES EN UNIDADES DE
CUIDADOS INTENSIVOS CARDIOVASCULARES**



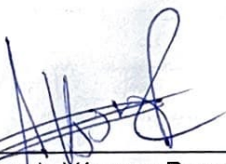
Dr. Carlos Rafael Sierra Fernández
Director de Enseñanza
Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez



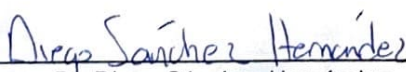
Dirección de Enseñanza



Dra. Magdalena Madero Rovalo
Profesor Titular de Nefrología
Jefa del departamento de Nefrología
Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez



Dr. Armando Vázquez Rangel
Tutor de Tesis
Médico adscrito al departamento de Nefrología
Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez



Dr. Diego Sánchez Hernández
Residente de Nefrología
Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez

Datos de Alumno:	
Apellido paterno:	Sánchez
Apellido Materno:	Hernández
Nombre:	Diego
Teléfono:	5591879051
Universidad:	Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad:	Facultad de Medicina
Carrera:	Nefrología
Número de cuenta:	520218442
Datos de Tutor:	
Apellido paterno:	Vázquez
Apellido materno:	Rangel
Nombre(s):	Armando
Teléfono:	5555732911, EXT: 24410
Correo:	drarmandovazquez@hotmail.com
Adscripción:	Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chavez
Título:	Factores asociados al desarrollo de criterios de inicio de terapia de reemplazo renal en pacientes en unidades de cuidados intensivos cardiovasculares
Número de páginas:	52
Año:	2024

ÍNDICE

RESUMEN ESTRUCTURADO	1
ANTECEDENTES	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	9
JUSTIFICACIÓN	10
HIPÓTESIS	11
OBJETIVOS	12
SUJETOS, MATERIAL Y MÉTODOS	13
Lugar donde se realizará el estudio	13
Diseño del estudio	13
Universo de trabajo	13
Criterios de selección de la muestra	14
Tamaño de la muestra	15
Descripción de las variables	16
Técnica de recolección de datos	20
Hoja de recolección de datos	21
Análisis estadístico	22
ASPECTOS ÉTICOS	24
RESULTADOS	26
DISCUSIÓN	43
CONCLUSIONES	44
DECLARACIÓN DE FONDOS	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

RESUMEN ESTRUCTURADO

Título: Factores asociados al desarrollo de criterios de inicio de terapia de reemplazo renal en pacientes en unidades de cuidados intensivos cardiovasculares

Autores: Sánchez-Hernández Diego, Vázquez-Rangel Armando.

Introducción: Entre un 13 y 50% de pacientes críticamente enfermos en unidades de cuidados intensivos cardiovasculares desarrollan lesión renal aguda (LRA), y el requerimiento de terapia de reemplazo renal (TRR) se ha reportado hasta en 25% de casos. Los pacientes que llegan a requerir terapia de reemplazo renal tienen mayor riesgo de mortalidad en comparación con aquellos que no.

Objetivo: Determinar qué factores están asociados al desarrollo de criterios de inicio de terapia de reemplazo renal en pacientes críticamente enfermos en unidades de cuidados intensivos cardiovasculares.

Material y métodos: Estudio de cohorte, observacional y prospectivo. Se incluyeron pacientes del Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez hospitalizados en la unidad de cuidados intensivos coronarios y la terapia intensiva postquirúrgica mayores de 18 años con requerimiento de vasopresor, inotrópico y/o soporte ventilatorio mecánico invasivo o no invasivo. Se excluyeron a pacientes con enfermedad renal crónica KDIGO G5 previamente en terapia de reemplazo renal, embarazadas y pacientes sin cardiopatía reconocida. Aquellos que cumplieron criterios de selección fueron seguidos hasta su egreso de la unidad de cuidados intensivos o hasta que requirieron de inicio de terapia de reemplazo renal.

Resultados: Se incluyeron 107 pacientes. La incidencia de lesión renal aguda en grados 1 y 2 fue del 59%, estando la lesión renal aguda grave presente en el 28% de casos. La terapia de reemplazo renal se requirió en 14% de casos, y la mortalidad fue del 15%. El antecedente de enfermedad renal crónica en estadio 3 o mayor de KDIGO, el requerimiento de vasopresina y de balón de contrapulsación intraaórtico al ingreso a UCI se asociaron al requerimiento de terapia de reemplazo renal. Además, pacientes que requirieron dosis más altas de norepinefrina, vasopresina, y que al ingreso a UCI tuvieron presiones capilares pulmonares más altas también tuvieron mayor riesgo. 34% de pacientes desarrolló hiperkalemia (> 5.5 meq/L) y 15% acidosis grave (definida por un $\text{pH} < 7.2$ y/o $\text{HCO}_3^- < 12$ mmol/L). El volumen de medio de contraste, la creatinina basal, cifra de leucocitos y dosis de norepinefrina fueron factores asociados tanto a hiperkalemia como a acidosis de forma significativa. Un menor índice cardíaco y una menor concentración de bicarbonato se asociaron a hiperkalemia, mientras que la elevación de dímero D y lactato sérico se asoció al desarrollo de acidosis metabólica.

Conclusiones: Se identificaron múltiples factores asociados a las distintas indicaciones de inicio de terapia de reemplazo renal. El volumen de medio de contraste administrado en pacientes sometidos cateterismo cardíaco, la cifra de leucocitos, dosis de norepinefrina al ingreso a UCI, el índice cardíaco y el bicarbonato mínimo fueron factores asociados al desarrollo de hiperkalemia. En pacientes que desarrollaron acidosis metabólica, la cifra plaquetaria, lactato, dímero D, dosis de norepinefrina, leucocitos y el volumen de medio de contraste tuvieron una asociación significativa. Finalmente, el requerimiento de un segundo vasopresor, los niveles de lactato y la transfusión de concentrados eritrocitarios se asociaron a sobrecarga de volumen.

Palabras clave: Lesión renal aguda, choque cardiogénico, terapia de reemplazo renal

ANTECEDENTES

La lesión renal aguda se define como una reducción abrupta de la función renal que tiene como consecuencia la retención de toxinas urémicas y la desregulación del volumen extracelular, electrolitos y equilibrio ácido-base¹.

Los criterios diagnósticos de lesión renal aguda más recientes son los establecidos por KDIGO². Se considera el diagnóstico de lesión renal aguda si se cumple cualquiera de las siguientes condiciones:

- Incremento de la creatinina sérica a un valor mayor o igual de 0.3 mg/dL en un periodo de 48 horas.
- Incremento de la creatinina sérica a un valor mayor o igual de 1.5 veces el valor basal en un periodo de 7 días.
- Volumen urinario menor de 0.5 mL/kg/hora por al menos 6 horas.

Una vez establecido el diagnóstico de lesión renal aguda, esta puede clasificarse en tres grados de la siguiente manera:

- Estadio 1: Incremento de la creatinina sérica 1.5-1.9 veces el valor basal o una cifra mayor o igual de 0.3 mg/dL o una reducción del volumen urinario a <0.5 mL/kg/hora por 6-12 horas.
- Estadio 2: Incremento de la creatinina sérica 2.0-2.9 veces el valor basal o reducción de volumen urinario <0.5 mL/kg/hora por al más de 12 horas.
- Estadio 3: Incremento de la creatinina sérica 3 o más veces del valor basal o incremento a una cifra mayor o igual a 4 mg/dL o reducción del gasto urinario a menos de 0.3 mL/kg/hora por 24 horas o más o anuria por 12 horas o más o inicio de terapia de reemplazo renal.

Epidemiología y factores de riesgo de lesión renal aguda en unidades de cuidados intensivos cardiovasculares

Entre un 13 y 50% de pacientes críticamente enfermos en unidades de cuidados intensivos cardiovasculares desarrollan lesión renal aguda (LRA), y el requerimiento de terapia de reemplazo renal (TRR) se ha reportado hasta en 25% de casos²⁻⁴. Los pacientes que llegan a requerir terapia de reemplazo renal tienen mayor riesgo de mortalidad en comparación con aquellos que no. En una cohorte de 5079 pacientes, el riesgo de mortalidad corregido por variables confusoras entre los dos grupos fue de 62% vs 36% respectivamente. Además, el riesgo de requerir terapia de reemplazo renal de forma crónica fue de 11% vs 1%, y la mortalidad a 5 años también fue mayor (43% vs 29%)⁴.

Existen múltiples factores de riesgo asociados a lesión renal aguda en esta población. En un metaanálisis publicado en 2023, en donde se consideraron 37 estudios y más de 3 millones de pacientes con insuficiencia cardíaca de múltiples causas, se identificaron 15 variables con una asociación importante con LRA. Dentro de ellas, destacan la cifra de nitrógeno de urea al ingreso, el antecedente de enfermedad renal crónica e insuficiencia cardíaca crónica, y el uso de dobutamina al momento del ingreso; todas ellas con una razón de momios mayor de 2⁶.

Otro metaanálisis publicado en 2022 consideró 38 estudios de pacientes sometidos a cirugía cardíaca e identificó otros factores de riesgo relacionados a esta población en particular, como el requerimiento transfusional, el tipo de cirugía (siendo el triple recambio valvular el que mayor riesgo confirió), la ultrafiltración durante la circulación extracorpórea y el tiempo de circulación extracorpórea factores fuertemente asociados^{7,8}.

La mayoría de los estudios que se han encargado de buscar factores de riesgo para lesión renal aguda en pacientes críticamente enfermos contemplan características basales y al momento del ingreso a la unidad de cuidados intensivos, pero son pocos los que consideran la evolución del paciente. Flechet y colaboradores crearon una herramienta de predicción de LRA que contempló información en distintos momentos del tiempo, con base en información tomada de forma retrospectiva de 4490 pacientes críticamente enfermos. Se crearon cuatro modelos: el primero consideró las características basales de los pacientes, al segundo se agregaban características al momento del ingreso, al tercero características del primer día de la hospitalización y al cuarto información más específica de la evolución del primer día, destacando variables dinámicas como la uresis horaria, y tiempo que los pacientes mantenían una presión arterial media por debajo de 60 mmHg. El rendimiento de la herramienta fue mejor cuando se contemplaba toda la información antes comentada, con un AUC de 0.87 para predecir cualquier grado de lesión renal aguda¹⁰.

Interacción multiorgánica

En pacientes críticamente enfermos, la disfunción de un órgano puede, por múltiples mecanismos, llevar a disfunción renal; por otro lado, la disfunción renal a su vez puede contribuir a la disfunción de otros sistemas. A ello se le conoce como interacción multiorgánica u “organ crosstalk”. Así, por ejemplo, la lesión pulmonar aguda, síndrome de distrés respiratorio agudo e incluso bajo ventilación mecánica invasiva son factores de riesgo independientemente asociados a LRA. Esto ocurre por distintos mecanismos. Son condiciones asociadas con inflamación sistémica, con producción de interleucina 6 y 8 y otros mediadores inflamatorios como nucleótidos y receptor soluble de productos avanzados de glucosilación. Por otro lado, fenómenos como la hipoxemia, hipercapnia y el incremento

de la presión del ventrículo derecho y presión venosa central se han asociado con alteraciones de la perfusión renal, contribuyendo al desarrollo de LRA¹¹.

Con respecto a la interacción cardio-renal, en presencia de insuficiencia cardíaca aguda ocurren dos fenómenos principales. Primero el descenso del gasto cardíaco puede generar hipoperfusión, induciendo activación de sistema renina angiotensina aldosterona, el sistema simpático, liberación de endotelina y vasopresina, produciendo vasoconstricción sistémica y reduciendo la presión de perfusión renal, induciendo daño isquémico. Por otro lado, el incremento de la precarga favorece el incremento de la presión venosa central generando sobrecarga de volumen y congestión renal, pudiendo llegar a su vez a reducir la presión de perfusión renal, llevando a LRA. En pacientes con infarto agudo al miocardio, además de inflamación y daño mediado por isquemia-reperfusión, existe riesgo de fenómenos ateroembólicos asociados a los procedimientos de reperfusión, pudiendo a su vez generar daño renal. El soporte mecánico circulatorio genera pérdida del flujo pulsátil generando daño mediado por fuerzas de cizallamiento en el epitelio y vasculatura renal, además de asociarse a sobrecarga de volumen y a otras complicaciones con repercusiones potenciales renales como sangrado, trombosis y rabdomiólisis¹².

El hígado y el riñón están funcionalmente relacionados. Se ha visto que la lesión renal aguda promueve estrés oxidativo, inflamación, apoptosis y daño en el tejido hepático, así como incremento de la permeabilidad vascular e infiltración leucocitaria. Además, la LRA impacta la función hepática de metabolizar fármacos. Algunos mediadores no inflamatorios de esta interacción son los ácidos biliares y sus metabolitos. La precipitación de ácidos biliares puede formar cilindros intratubulares que induzcan inflamación en el tubulointersticio, peroxidación lipídica y estrés oxidativo renal¹¹.

Inicio de terapia de reemplazo renal

El retraso en el inicio de la terapia de reemplazo renal en pacientes críticamente enfermos no ha demostrado beneficio en múltiples estudios¹⁴⁻¹⁷. Sin embargo, los criterios de inicio urgente, temprano y tardío han sido heterogéneos, al igual que las definiciones de sobrecarga de volumen refractaria. Por ejemplo, en el estudio AKIKI¹⁴ se inició TRR en pacientes con LRA KDIGO 3 en las primeras 6 horas del diagnóstico en el grupo de inicio temprano, y en el grupo de inicio tardío se usaron como criterios un potasio sérico >5.5 mmol/L, acidosis metabólica con un pH <7.25, elevación de nitrógeno de urea a más de 114 mg/dL o edema pulmonar según el criterio del médico tratante. Por otro lado, en el estudio IDEAL¹⁵, en el grupo temprano se inició la TRR dentro de las primeras 12 horas del desarrollo de LRA grave, mientras que en grupo tardío se emplearon los criterios de potasio sérico >6.5 mmol/L, edema pulmonar refractario a diurético, acidosis metabólica con pH < 7.15, o falta de recuperación de la función renal tras 48 horas.

Además, es importante comentar que la cantidad de pacientes con choque cardiogénico en los estudios más grandes a menudo ha sido baja. Por ejemplo, en STARRT-AKI¹⁶, la mayoría de las pacientes tenían el diagnóstico de choque séptico y/o sepsis, solo 14% tenía antecedente de insuficiencia cardíaca y 22% de enfermedad coronaria, y solo 16% de pacientes fueron sometidos a cirugía vascular o bypass cardiopulmonar. De forma similar, en AKIKI-2¹⁷ 54% de pacientes tenían diagnóstico de choque séptico, 30% de síndrome de insuficiencia respiratoria aguda, y solo 6% de pacientes tenían antecedente de insuficiencia cardíaca y 10% de enfermedad coronaria.

A diferencia de estos, en el estudio ELAIN¹⁸, el inicio temprano de la terapia de reemplazo renal redujo la mortalidad en los primeros 90 días. Cerca de 50% de pacientes en este

estudio fueron admitidos por una causa cardiaca, alrededor de 40% eran pacientes sometidos a cirugía de revascularización coronaria o cirugía de recambio valvular y 40% tenían antecedente de insuficiencia cardiaca; además eran pacientes con un balance de fluido acumulado de 6.8 L en promedio.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Si bien existen estudios que se han propuesto encontrar factores asociados a lesión renal aguda y a terapia de reemplazo renal en pacientes críticamente enfermos, existe poca información con respecto a factores asociados específicamente con las principales indicaciones de la terapia de soporte renal. Además, la mayor parte de estudios han sido realizados de forma retrospectiva, por lo que la falta de información es un problema común en ellos.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Qué factores se asocian al desarrollo de criterios de inicio de terapia de reemplazo renal en pacientes críticamente enfermos en unidades de cuidados intensivos cardiovasculares que desarrollan lesión renal aguda?

JUSTIFICACIÓN

Los pacientes hospitalizados en unidades de cuidados intensivos cardiovasculares que desarrollan lesión renal aguda, y particularmente aquellos que requieren de inicio de terapia de reemplazo renal tienen mayor riesgo de mortalidad. El identificar de forma temprana a pacientes con mayor riesgo podría ser de utilidad para evitar complicaciones derivadas de la progresión del daño renal, y de igual manera, identificar a pacientes con menor riesgo podría evitar el riesgo de complicaciones relacionadas con la terapia de reemplazo renal en sí.

HIPÓTESIS

En pacientes críticamente enfermos en unidades de cuidados intensivos cardiovasculares, pueden identificarse factores asociados a cada uno de los criterios de inicio de terapia de reemplazo renal.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Determinar qué factores están asociados al desarrollo de criterios de inicio de terapia de reemplazo renal en pacientes críticamente enfermos en unidades de cuidados intensivos cardiovasculares.

Objetivos específicos:

- Determinar la incidencia de lesión renal aguda y terapia de reemplazo renal en pacientes críticamente enfermos en unidades de cuidados intensivos cardiovasculares
- Identificar las indicaciones más frecuentes del inicio de terapia de reemplazo renal.
- Evaluar la recuperación de la función renal al egreso en pacientes con lesión renal aguda.
- Determinar la mortalidad intrahospitalaria

MATERIAL Y MÉTODOS

Lugar donde se realizará el estudio

Unidad de cuidados intensivos coronarios y unidad de cuidados intensivos post-quirúrgica del Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chavez

Diseño del estudio

Estudio de cohorte prospectivo (observacional)

Universo de trabajo

Pacientes del Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chávez hospitalizados en la unidad de cuidados intensivos coronarios y la terapia intensiva postquirúrgica.

Muestra

Pacientes mayores de 18 años con que ingresen a la unidad de cuidados intensivos coronarios o unidad de cuidados intensivos post-quirúrgicos del Instituto Nacional de Cardiología Ignacio Chavez, en el periodo comprendido entre el 1 de Enero de 2024 y el 30 de junio de 2024.

Criterios de selección de la muestra.

- **Criterios de inclusión**

- Pacientes mayores de 18 años que presenten alguno de los siguientes:
 - Uso de medicamentos vasopresores o inotrópicos.
 - Soporte mecánico ventilatorio invasivo o no invasivo.
 - Dispositivos de asistencia circulatoria.

- **Criterios de exclusión**

- Enfermedad renal crónica KDIGO G5 previamente en terapia dialítica.
- Embarazadas.
- Pacientes sin cardiopatía reconocida.

- **Criterios de eliminación**

- Pérdida de seguimiento en las primeras 48 horas del ingreso.
- Imposibilidad para la toma de muestras.

Tamaño de la muestra

Se calculó el número necesario con base en las siguientes fórmulas:

- Función beta:

$$B(x, y) = \int_0^1 t^{x-1} (1-t)^{y-1} dt$$

- Tamaño del efecto f^2 de Cohen para una prueba F:

$$f^2 = \frac{R^2}{1 - R^2} \text{ donde } R^2 \text{ es la correlación múltiple al cuadrado.}$$

- Función del error

$$\text{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt.$$

- Función acumulativa de error F:

$$F(x; d_1, d_2) = I_{\frac{d_1 x}{d_1 x + d_2}} \left(\frac{d_1}{2}, \frac{d_2}{2} \right),$$

donde d_1 y d_2 son grados de libertad, e I es la función beta baja incompleta regularizada.

- Función beta incompleta inferior:

$$B(x; a, b) = \int_0^x t^{a-1} (1-t)^{b-1} dt.$$

- Función d acumulativa, distribución F no central

$$F(x|d_1, d_2, \lambda) = \sum_{j=0}^{\infty} \left(\frac{\left(\frac{1}{2}\lambda\right)^j}{j!} e^{-\frac{\lambda}{2}} \right) I \left(\frac{d_1 F}{d_2 + d_1 F} \middle| \frac{d_1}{2} + j, \frac{d_2}{2} \right)$$

donde d_1 y d_2 son grados de libertad, F es el valor de Fisher, e I es la función beta baja incompleta regularizada.

- Parámetro de no centralidad de distribución F no central:

$$\lambda = f^2 n \text{ donde } f^2 \text{ es el tamaño del efecto.}$$

- Función de distribución acumulativa de distribución normal

$$F(x; \mu, \sigma^2) = \frac{1}{2} \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{x - \mu}{\sigma \sqrt{2}} \right) \right],$$

donde μ es la media, σ es la desviación estándar, y erf es la función de error.

- Función beta incompleta inferior regularizada

$$I_x(a, b) = \frac{B(x; a, b)}{B(a, b)}.$$

donde el numerador es la función beta incompleta regularizada, y el denominador es la función beta.

Considerando lo anterior, se obtuvo una muestra mínima de 43 pacientes.

Especificación de las variables

- **Características basales:** antecedentes y la primera medición de las variables de medición diaria.
 - **Demográfico:** Edad, género, peso, talla.
 - **Comorbilidades:** enfermedades diagnosticadas previo a la hospitalización y fármacos empleados.
 - **Función renal basal:** creatinina sérica (creatinina más baja durante el internamiento o cifra más baja 3 meses previos o posteriores al mismo), tasa de filtrado glomerular estimada (CKD-EPI 2021)

- **Intervenciones durante la hospitalización**
 - Cirugía cardíaca, tipo de cirugía cardíaca, tiempo de circulación extracorpórea y pinzamiento aórtico, cateterismo cardíaco, dosis de medio de contraste empleada
- **Estado al ingreso**
 - Requerimiento de vasopresores o inotrópicos al ingreso, ventilación mecánica invasiva o no invasiva y constantes vitales (presión arterial media, frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno)
 - **Evaluación clínica del estado de volumen:** edema, ingurgitación yugular, estertores
 - **Evaluación ultrasonográfica del estado de volumen:** número de cuadrantes con líneas B, diámetro de vena cava inferior, patrón de venas suprahepáticas y vena porta
- **Variables de medición diaria:** aquellas registradas diariamente a lo largo del seguimiento, algunas de las cuales se registraron en dos ocasiones como se especifica a continuación. En dichos casos, se dividió el día en un turno matutino (07:00 – 20:00 horas) y uno nocturno (20:00 – 07:00 horas)
 - **Estudios de laboratorio medidos una vez por día:**
 - **Química sanguínea:** creatinina, nitrógeno de urea, glucosa, sodio, potasio, cloro, calcio, fósforo, magnesio, aspartato amino transferasa, deshidrogenasa láctica, proteína C reactiva
 - **Biometría hemática y tiempos de coagulación:** hemoglobina, hematocrito, leucocitos, neutrófilos, linfocitos, plaquetas, tiempo de tromboplastina activada, tiempo de protrombina, dímero D.
 - **Marcadores cardíacos:** troponina T de alta sensibilidad, péptido natriurético cerebral.

- **Química urinaria en muestra aleatoria:** sodio, potasio, cloro, creatinina y nitrógeno de urea, densidad urinaria.
- **Química urinaria en orina de 24 horas:** creatinina, nitrógeno de urea, sodio, potasio y cloro.
- **Estudios de laboratorio medidos dos veces por día** (de las siguientes variables se registraron los valores máximos y mínimos de cada turno):
 - Gasometría venosa y arterial
 - pH, dióxido de carbono, presión parcial de oxígeno, saturación de oxígeno, lactato, bicarbonato, bilirrubina, calcio ionizado
- **Características clínicas medidas una vez al día**
 - **Evaluación clínica del estado de volumen:** ingurgitación yugular, edema periférico, estertores.
 - **Evaluación ultrasonográfica del estado de volumen:** número de cuadrantes con líneas B, diámetro de vena cava inferior, patrón de venas suprahepáticas y vena porta
- **Características clínicas medidas dos veces por día:**
 - **Renales:** Uresis, uresis horaria, ingresos, ingresos horarios, balance de fluídos, dosis de diurético de asa y uresis 2 horas post administración de diurético de asa (en casos aplicables)
 - **Otras:** requerimiento de soporte mecánico circulatorio, fiebre.
- **Características clínicas medidas dos veces por día con registro de valores máximos y mínimos:**
 - **Fármacos:** dosis de norepinefrina, vasopresina, milrrinona, dobutamina, levosimendán, azul de metileno y dopamina (en casos aplicables).

- **Signos vitales:** presión arterial media, frecuencia cardiaca, frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno.
- **Parámetros ventilatorios:** presión positiva al final de la espiración, presión máxima, fracción inspirada de oxígeno.
- **Monitoreo hemodinámico invasivo** (en casos aplicables): presión venosa central, presión capilar pulmonar, índice cardiaco, índice de resistencias vasculares sistémicas
- **Variables de desenlace**
 - Lesión renal aguda (según criterios de KDIGO) y grado de la misma
 - Muerte y/o paro cardiaco
 - Días de ventilación mecánica (en casos aplicables)
 - Terapia de reemplazo renal
 - Tipo de terapia de reemplazo renal (CRRT, hemodiálisis intermitente)
 - Indicaciones de inicio de terapia de reemplazo renal:
 - **Hiperkalemia:** Potasio sérico > 5.5 mg/dL
 - **Acidosis grave:** pH menor de 7.2 o bicarbonato sérico menor de 12 mmol/L.
 - **Nitrógeno de urea:** nitrógeno de urea > 113 mg/dL
 - **Sobrecarga de volumen:** Balance acumulado tras 3 días de hospitalización > de 2 L.
 - **Recuperación renal**
 - Completa – retorno a la creatinina basal
 - Parcial – persistencia de una menor tasa de filtrado glomerular, sin requerimiento de terapia de reemplazo renal

Técnica de recolección de datos

Los pacientes hospitalizados en la unidad de cuidados coronarios y terapia intensiva postquirúrgica serán evaluados para identificar los criterios de inclusión y/o exclusión. En caso de cumplir criterios de selección se recopilará la información correspondiente a antecedentes, y características de ingreso.

Posteriormente iniciarán seguimiento hasta que egresen de la unidad de cuidados intensivos o hasta que requieran de inicio de terapia de reemplazo renal. A lo largo de dicho seguimiento se registrarán las variables antes comentadas de forma diaria. Los pacientes estarán a cargo de los servicios correspondientes a su área de hospitalización, y no se realizará intervención alguna por parte de los investigadores ni se solicitarán estudios adicionales a los considerados por sus tratantes.

Hoja de recolección de datos

Nombre					Registro		
F. de ing.		Edad		Sexo		Cama	
Peso		Talla					
Comorbilidades							
DM2		TFG		TR		C. Isq	
Insulina		KDIGO		EPOC		AI	
HAS		HD		O2		Cáncer	
Cr basal		DP		EVC		VIH	
Valvulop		Arritmia		Congenit		EAP	
Medicamentos de ingreso							
IECA/ARA		iSGLT2		AMR		C. Isq	
ARNI		BB		Digoxina		iSGLT2	
BB		CaAnt		Asa		Dosis Asa	
Motivo de ingreso							
ICC		Endocar		DisAo		Sepsis	
Qx Progr		IAM					
Infección							
Endocar		Neumonía		IVU		T. Blando	
GI		Mediast		SNC			
Estado Clínico (días 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)							
Vasopres		Inotropico		Vasodil		IY	
Estert		Edema		TAS		TAD	
TAM		FC		FR		FiO2	
Variables Nefrológicas (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)							
Cr		Uresis TM		Uresis TV		Uresis TN	
Ingresos		Balance		Furo TM		Furo TV	
Furo TN		Ur post-Fur TM		Ur post-Fur TV		Ur post-Fur TN	
NaU opre		NaU post					

Estudios de laboratorio (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)							
Hb		Htc		Leu		Neu	
Plaquetas		TP		TTP		INR	
Glu		UN		Na		K	
Cl		Ca		P		Mg	
BD		BI		BT		AST	
ALT		DHL		Alb		nt-PRU BND	
PCR		DimD		CrU24		NU24h	
PrU24		pHv		pCO2v		HCO3v	
Lactv		iCa v		pO2v		pHa	
pCO2a		LactA		iCaa		nt-PRU BND	
PCR		DimD		CrU24		NU24h	
PrU24		pHv		pCO2v		HCO3a	
pO2A		iCa v		pO2v		pHa	
Medicamentos (día 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)							
IECA/ARA		ARNi		AMR		iSGLT2	
BB		CaANt		DiurAsa		Antic	
Nore		Vaso		Dobuta		NTG	
Amio		Levosim					
Desenlace							
TRR		FI TRR		Tipo TRR		Sangrado	
Muerte		VMI		VMNI		Fecha Ext	
Qx		Cate		RCP		Cardiover	
BIAC		ECMO		Otro disp			

Análisis estadístico

Se realizará la descripción de las características basales comparando aquellos pacientes que tuvieron requerimiento de terapia de reemplazo renal con aquellos que no, así como aquellos pacientes que desarrollaron hiperkalemia ($K > 5.5$ meq/L), acidosis grave ($pH < 7.2$ y/o $HCO_3 < 12$ mmol/L) y sobrecarga de volumen (balance acumulado al tercer día de internamiento > 2 L). Las variables cuantitativas serán analizadas cualitativamente mediante histogramas y cuantitativamente con la prueba de Kolmogorov - Smirnov y la prueba de Shapiro-Wilk para conocer su distribución. Se utilizarán las medidas de resumen mediana y rango intercuartil.

Las diferencias serán analizadas estadísticamente con la prueba U de Mann Whitney. Las medidas de resumen para las variables categóricas serán frecuencias y proporciones y las asociaciones serán analizadas con χ^2 o prueba exacta de Fisher. El comportamiento de tendencias de las variables a lo largo del tiempo se analizará mediante regresión lineal, con el objetivo de predecir el comportamiento de: concentración sérica de potasio, bicarbonato, pH y balance acumulado.

ASPECTOS ÉTICOS

El proyecto cumple la normativa internacional y local de estudios de investigación en humanos, acorde con la Ley General de Salud y la Declaración de Helsinki. Al ser un estudio observacional en el que no existe intervención alguna por parte de los investigadores se considera una investigación sin riesgo.

Todos los procedimientos estarán de acuerdo con lo estipulado en el Reglamento de la ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud.

Título segundo, capítulo I, Artículo 17, Sección I, investigación sin riesgo, no requiere consentimiento informado.

Privacidad y confidencialidad

En todos los casos la información recabada se manejará con base en criterios de estricta confidencialidad. La información recabada no incluirá datos personales de los pacientes o familiares de estos, que pudieran ser utilizadas para identificarlos (nombre, teléfono, dirección) para garantizar en todo momento su privacidad.

Solo el equipo de investigadores de la unidad señalada tendrá acceso a la información recabada.

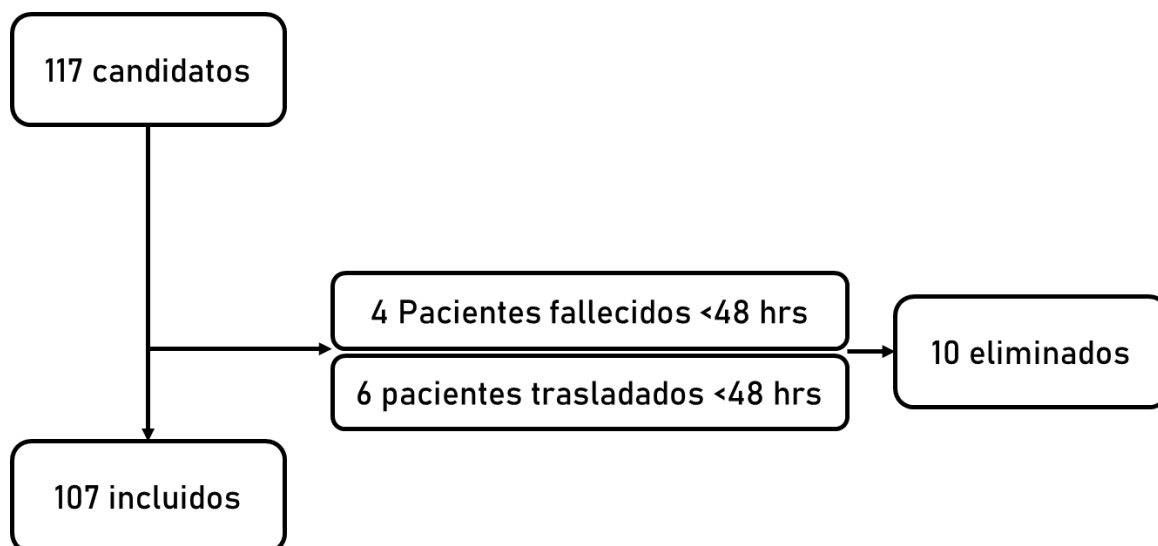
RECURSOS HUMANOS, FISICOS.

Se requerirá la participación del investigador principal y los investigadores asociados para la recolección de información y el equipo de computo del hospital para el empleo del expediente electrónico.

CONFLICTO DE INTERESES Y VINCULACIÓN CON LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA.

Los investigadores involucrados no muestran conflicto de intereses. El estudio no cuenta con ninguna relación con la industria farmacéutica.

RESULTADOS



Descripción de los participantes

En el análisis final se incluyeron 107 pacientes. De ellos, 45 (42%) fueron pacientes hospitalizados en la unidad de cuidados coronarios, y 62 (58%) hospitalizados en la unidad de cuidados intensivos postquirúrgica.

Características de la población general

En la **tabla 1** se resumen las características basales de los pacientes. La tasa de filtrado glomerular promedio estimada por CKD-EPI fue de 92 ml/min. 47% de pacientes padecían diabetes mellitus y solo 9% de pacientes tenía enfermedad renal crónica en estadio 3 o mayor. Los motivos de ingreso fueron variados, siendo los principales insuficiencia cardíaca descompensada, infarto agudo al miocardio y cirugía cardíaca programada.

Características	Todos n = 107
Características Generales	
Edad, años (DE)	56 (15)
Género (%)	
Mujer	34
Hombre	73
IMC	27 (7)
Cr basal, mg/dL (DE)	0.96 (0.46)
TFGe basal, ml/min/1.72m ² (DE)	91.88 (25)
Comorbilidades (%)	
DM2	51 (47)
Uso de Insulina	12 (11)
HAS	47 (43)
ERC, cualquier estadio	41 (38)
KDIGO 2	30 (28)
KDIGO 3	9 (08)
KDIGO 4	2 (01)
Cardiopatía isquémica	17 (15)
Enfermedad valvular	40 (37)
IC no valvular	13 (12)
Fármacos previo al ingreso (%)	
IECA	45 (42)
ARNi	6 (05)
ARM	32 (29)
iSGLT2	32 (29)
Beta bloqueador	43 (40)
ASA	28 (26)
Motivo de ingreso (%)	
IC descompensada	50 (46)
Infarto agudo al miocardio	27 (25)
Disfunción protésica	10 (09)
Cirugía cardíaca programada	37 (34)
Otros	29 (27)
Tabla 1. Características basales. IMC: índice de masa corporal. DM2: Diabetes mellitus tipo 2. HAS: Hipertensión arterial sistémica. ERC: enfermedad renal crónica. IC: insuficiencia cardíaca. IECA: inhibidor de la enzima convertidora de angiotensina. ARNi: antagonista del receptor de angiotensina, ARM: antagonista de receptor de mineralocorticoide. iSGLT2: inhibidor del cotransportador de sodio y glucosa 2.	

En la **tabla 2** se presentan las características de los pacientes al ingreso a UCI, en donde destaca el incremento de la creatinina con respecto a la cifra basal promedio, así como niveles altos de proteína C reactiva, deshidrogenasa láctica, nt-proBNP, troponina T. 72% de pacientes ingresaron con requerimiento de norepinefrina y 28% con requerimiento doble de vasopresor, con norepinefrina y vasopresina. 10% de pacientes requirieron de balón de contrapulsación intraaórtico (BIAC) durante el primer día de estancia en UCI, y 2% de oxigenación con membrana extracorpórea (ECMO). Con respecto al estado de volumen, 15% presentaron datos ultrasonográficos sugerentes de congestión grave reflejado en el patrón Doppler de la vena suprahepática y vena porta.

	Todos n = 107
Estudios de laboratorio al ingreso a UCI (DE)	
Cretinina, mg/dL	1.5 (0.85)
Nitrógeno de urea, mg/dL	31. (21.5)
Glucosa, mg/dL	159 (61.4)
Sodio, mmol/dL	138 (6.09)
Potasio, mmol/dL	4.4 (0.74)
Cloro, mmol/L	102 (6.97)
Calcio, mmol/L	8.4 (0.75)
Fósforo, mmol/L	9.9 (56.5)
Magnesio (mmol/L)	2.3 (0.48)
Aspartato aminotransferasa, U/L	250 (561)
Deshidrogenasa láctica, U/L	796 (1758)
Proteína C reactiva, mg/L	68 (78)
Sodio urinario, meq/L	40. (20.1)
Sodio urinario 2 horas post-diurético, meq/L	87. (21.6)
Potasio urinario, meq/L	42 (23)
Cloro urinario, meq/L	57 (32)
Creatinina urinaria, mg/dL	83 (72)
Nitrógeno de urea en orina, mg/dL	429 (274)
Densidad urinaria	1.014 (0)
Hemoglobina g/dL	12. (2.61)
Leucocitos, 10 ⁶ /uL	13 (6)
Neutrófilos, 10 ⁶ /uL	10 (5)
Linfocitos, 10 ⁶ /uL	1 (1)
Plaquetas, 10 ⁶ /uL	199 (72)
Tiempo de protrombina, seg	12 (8)
Tiempo de tromboplastina parcial activado, seg	84 (43)
INR	1 (0)
Dímero D, µg/mL	3 (3)
nt-proBNP, pg/mL	8279 (15501)
Troponina T, ng/mL	3458 (6844)
Procalcitonina, ng/mL	2 (4)
Albúmina g/dL	3 (0)
Estado clínico al ingreso a UCI (%)	
Norepinefrina	78 (72)
Vasopresina	30 (28)
Inotrópico	55 (51)
Vasodilatador	2 (2)
Ventilación mecánica	71 (66)
Balón de contrapulsación	11 (10)
ECMO	2 (2)
Estado de volumen al ingreso a UCI (%)	
Ingurgitación yugular, cualquier grado	40 (37)
Estertores	33 (31)
Edema periférico, cualquier grado	19 (18)
Evaluación ultrasonográfica del estado de volumen	
4-8 Líneas B (%)	11 (10)
Diámetro de vena cava inferior, cm (DE)	2.05 (0.31)
Patrón doppler de venas suprahepáticas (%)	
S>D	31 (29)
S=D	22 (21)
S<D	16 (15)
Pulsatilidad de la vena porta, % (%)	
<30	35 (33)
30-50	21 (20)
>50	15 (14)

Tabla 2. Características de ingreso a UCI

	Todos n = 107
Evolución durante el primer día de terapia intensiva (DE)	
PAM mínima turno matutino, mmHg	66 (10)
PAM mínima turno nocturno, mmHg	67 (9)
FC máxima turno matutino, lpm	90 (18)
FC máxima turno nocturno, lpm	87 (18)
FIO2 máxima turno matutino, %	58 (29)
FIO2 máxima turno nocturno, %	36 (9)
Dosis de norepinefrina turno matutino, mcg/kg/min	0.17 (0.15)
Dosis de norepinefrina turno nocturno, mcg/kg/min	0.16 (0.14)
Dosis de dobutamina turno matutino, mcg/kg/min	4.19 (2.2)
Dosis de dobutamina turno nocturno, mcg/kg/min	4.28 (2.27)
Dosis de vasopresina turno nocturno, mcg/kg/min	0.004 (0.002)
Dosis de vasopresina turno nocturno, mcg/kg/min	0.005 (0.002)
Uresis horaria turno matutino, ml/h	67 (45)
Uresis horaria turno nocturno, ml/h	75 (38)
Ingresos horarios turno matutino, ml/h	90 (71)
Ingresos horarios turno nocturno, ml/h	98 (69)
Presión venosa central máxima	10 (5)
Presión venosa central mínima	9 (5)
Presión capilar pulmonar turno matutino	13 (4)
Presión capilar pulmonar turno nocturno	13 (5)
Resistencias vasculares sistémicas	1970 (606)
pH mínimo turno matutino	7.33 (0.09)
pH mínimo turno nocturno	7.32 (0.08)
HCO3 mínimo turno matutino, mmol/L	20.7 (3.8)
HCO3 mínimo turno nocturno, mmol/L	21 (4.29)
Potasio máximo turno matutino, mmol/L	4.5 (0.9)
Potasio máximo turno nocturno, mmol/L	4.4 (0.67)
Lactato máximo turno matutino, mmol/L	3.7 (2.8)
Lactato mínimo turno matutino, mmol/L	3.4 (2.8)
Transfusión de concentrado eritrocitario (%)	19 (17)
Transfusión de aféresis plaquetaria (%)	2 (2)
Transfusión de plasma (%)	23 (21)

Tabla 3. Evolución durante el primer día de hospitalización en UCI

En la **Tabla 3** se expone la evolución de todos los pacientes durante el primer día de estancia en UCI, incluyendo la uresis horaria e ingresos por turno, así como valores máximos o mínimos de parámetros gasométricos, además de transfusiones de hemoderivados.

Desenlaces

Como se aprecia en la **Figura 1**, la incidencia de lesión renal aguda en grados 1 y 2 fue del 59%, estando la lesión renal aguda grave presente en el 28% de casos. La terapia de reemplazo renal se requirió en 14% de casos, y la mortalidad fue del 15%.

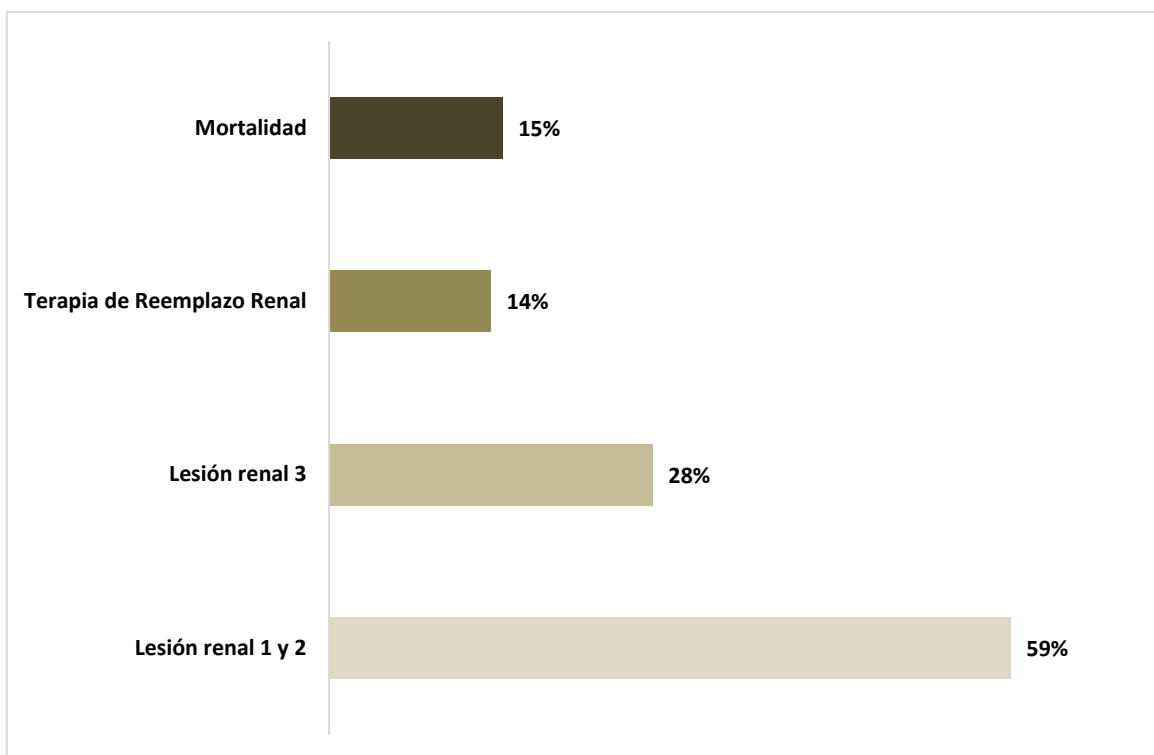


Figura 1. Desenlaces en la población general

La recuperación renal completa ocurrió en 67% de casos. Y solo 1 paciente egresó con requerimiento de terapia de reemplazo renal.

Como se ilustra en **Figura 2**, las principales indicaciones para el requerimiento de terapia de reemplazo renal fueron en primer lugar la sobrecarga de volumen (73%), Acidosis metabólica (33%) y elevación de nitrógeno de urea (26%). La suma total no es el 100% dado que algunos pacientes tuvieron más de una indicación de conexión. Ningún paciente requirió terapia de reemplazo renal con indicación de hiperkalemia.

Análisis por grupos

Se establecieron cuatro grupos. En el primero se incluyeron pacientes que requirieron terapia de reemplazo renal por cualquier causa. En el segundo y tercer grupo se incluyeron a los pacientes que durante cualquier día del seguimiento desarrollaron hiperkalemia > 5.5 meq/L y acidosis grave ($\text{pH} < 7.2$ y/o $\text{HCO}_3 < 12$ mmol/L), respectivamente. En el cuarto grupo se incluyeron pacientes que al tercer día de internamiento cursaron con un balance acumulado igual o mayor a $+ 2000$ mL.

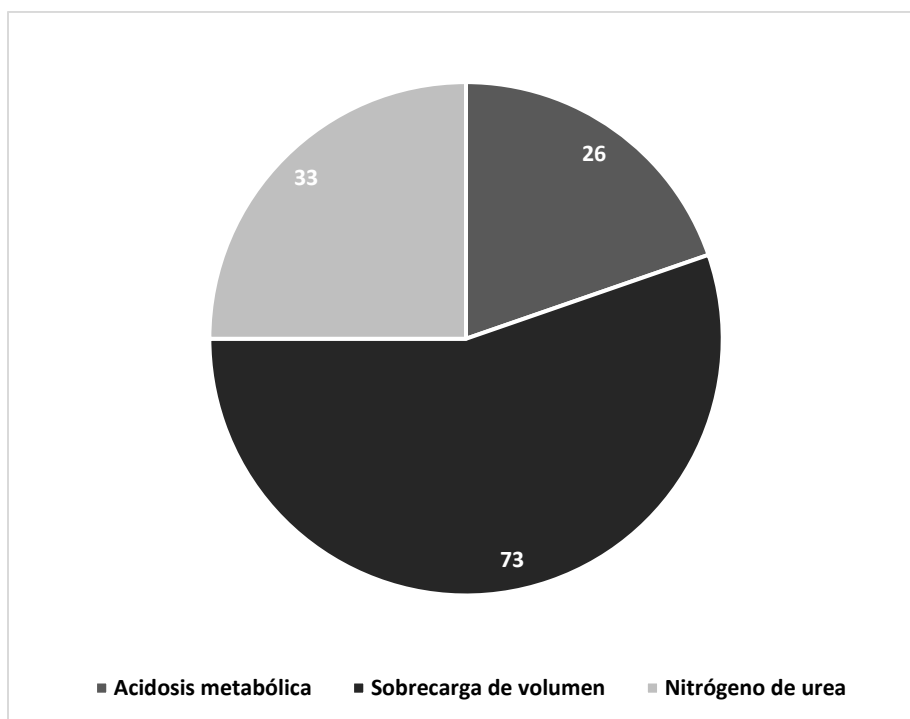


Figura 2. Indicaciones de inicio de terapia de reemplazo renal. Se muestra en números de color blanco el porcentaje de pacientes. La suma total es el 100% puesto que en ningún paciente se inició la terapia de reemplazo renal bajo la indicación única de nitrógeno de urea

Terapia de reemplazo renal

En la **tabla 4** se muestran las características comparativas de aquellos de pacientes que requirieron terapia de reemplazo renal y los que no, y la significancia estadística entre las diferencias.

	TRR n = 15	No TRR n = 92	p
Características Generales			
Edad, años (DE)	61 (20)	56 (14)	0.245
Género (%)			
Mujer	6 (40)	28 (30)	
Hombre	9 (60)	64 (69)	0.460
IMC			
Cr basal, mg/dL (DE)	1.31 (0.81)	0.9 (0.4)	0.003
TFGe basal, ml/min/1.72m ² (DE)	74.1 (38.7)	95 (22)	0.006
Comorbilidades (%)			
DM2	8 (53)	43 (46)	0.840
HAS	8 (53)	39 (42)	0.301
ERC, cualquier estadio	9 (60)	32 (35)	0.062
KDIGO 3-5	5 (33)	5 (5)	0.005
Cardiopatía isquémica	4 (26)	13 (14)	0.218
Enfermedad valvular	3 (20)	37 (40)	0.225
IC no valvular	1 (6)	13 (14)	0.421
Fármacos previo al ingreso (%)			
IECA	8 (53)	37 (40)	0.340
ARNi	1 (6)	5 (5)	0.856
ARM	5 (33)	27 (29)	0.755
iSGLT2	4 (26)	28 (30)	0.768
Beta bloqueador	5 (33)	38 (41)	0.538
ASA	4 (26)	24 (26)	0.962
Motivo de ingreso (%)			
IC descompensada	8 (53)	42 (46)	0.422
Infarto agudo al miocardio	5 (33)	22 (24)	0.451
Disfunción protésica	0 (0)	10 (11)	0.272
Cirugía cardíaca programada	2 (13)	13 (15)	0.129
Cateterismo cardíaco			
Volumen de medio de contraste administrado, mL (DE)	142 (84)	138 (65)	0.920
Cirugía cardíaca (%)			
Revascularización coronaria	2 (13)	12 (13)	0.975
Cirugía de Bentall y Bono	0	5 (5)	0.355
Cambio valvular aórtico	2 (13)	26 (28)	0.223
Cambio valvular mitral	2 (13)	15 (16)	0.770
Cambio valvular tricuspídeo	1 (6)	5 (5)	0.848
Tiempo de circulación extracorpórea, minutos (DE)	175 (85)	147 (54)	0.334
Tiempo de pinzamiento aórtico, minutos (DE)	92 (19)	105 (42)	0.441
Ingreso a urgencias / hospitalización			
TAM, mmHg (DE)	82 (11)	81 (12)	0.646
FC, lpm (DE)	92 (22)	81 (17)	0.020
FR, lpm (DE)	20 (3)	19 (9)	0.787

Estudios de laboratorio al ingreso a UCI (DE)			
Cretinina, mg/dL	2.3 (1.3)	1.4 (0.7)	0.005
Nitrógeno de urea, mg/dL	59 (37)	27 (13)	0.005
Glucosa, mg/dL	148 (60)	161 (62)	0.478
Sodio, mmol/dL	138 (10)	139 (5)	0.819
Potasio, mmol/dL	4 (0.7)	4.5 (0.7)	0.862
Cloro, mmol/L	99 (10)	103 (6)	0.036
Calcio, mmol/L	8 (0.55)	8.5 (0.8)	0.095
Fósforo, mmol/L	5 (1.4)	10.7 (60.8)	0.730
Magnesio, mmol/L	2 (0.5)	2.4 (0.5)	0.505
Aspartato aminotransferasa, U/L	539 (896)	203 (478)	0.037
Deshidrogenasa láctica, U/L	768 (513)	801 (1884)	0.951
Proteína C reactiva, mg/L	136 (83)	57 (72)	0.005
Sodio urinario, meq/L	40 (17)	41 (21)	0.985
Sodio urinario 2 horas post-diurético, meq/L	74 (26)	90 (19)	0.063
Potasio urinario, meq/L	30 (13)	45 (24)	0.039
Cloro urinario, meq/L	65 (32)	56 (32)	0.352
Creatinina urinaria, mg/dL	42 (25)	90 (75)	0.028
Nitrógeno de urea en orina, mg/dL	249 (125)	460 (282)	0.010
Hemoglobina g/dL	11 (6)	13.4 (6.2)	0.322
Leucocitos, 106/uL	9 (5)	11.0 (5.8)	0.284
Linfocitos, 106/uL	1 (0.97)	1.4 (1.1)	0.696
Plaquetas, 106/uL	204 (103)	199 (67)	0.780
Tiempo de protrombina, seg	12 (2)	12.9 (8.5)	0.794
Tiempo de tromboplastina parcial activado, seg	44 (12)	44 (16)	0.709
INR	1 (0.32)	1.4 (0.8)	0.777
Dímero D, µg/mL	6 (6)	3.13 (2.72)	0.009
nt-proBNP, pg/mL	21329 (33209)	6129 (8702)	0.005
Troponina T, ng/mL	5433 (8739)	3129 (6478)	0.229
Procalcitonina, ng/mL	1 (1.63)	2.4 (4.9)	0.633
Albúmina g/dL	3 (0.43)	3.8 (0.5)	0.010
Norepinefrina	9 (60)	79 (86)	0.033
Vasopresina	6	15 (16)	0.003
Inotrópico	7 (46)	49 (53)	0.035
Balón de contrapulsación	6 (40)	5 (5)	0.005
ECMO	2 (13)	92 (100)	0.005
Estado de volumen al ingreso a UCI (%)			
Ingurgitación yugular, cualquier grado	7 (46)	29 (30)	0.651
Edema periférico, cualquier grado	4 (26)	15 (16)	0.061
Evaluación ultrasonográfica del estado de volumen			
4-8 Líneas B (%)	3 (20)	8 (9)	0.128
Diámetro de vena cava inferior, cm (DE)	2.1 (0.56)	2.0 (0.3)	0.171
Patrón doppler de venas suprahepáticas (%)			
S>D	10 (66)	42 (46)	0.483
S=D	3 (20)	28 (30)	0.409
S<D	1 (6)	12 (13)	0.161
Pulsatilidad de la vena porta, % (%)	0		
<30	11 (73)	65 (71)	0.528
30-50	2 (13)	14 (15)	0.376
>50	2 (13)	11 (12)	0.880

Evolución durante el primer día de terapia intensiva (DE)			
PAM mínima turno matutino, mmHg	63 (11)	67 (11)	0.362
PAM mínima turno nocturno, mmHg	66 (9)	67 (10)	0.839
FC máxima turno matutino, lpm	92 (12)	76 (13)	0.708
FC máxima turno nocturno, lpm	76 (11)	74 (13)	0.374
Dosis de norepinefrina turno matutino, mcg/kg/min	0.37 (0.29)	0.15 (0.13)	0.000
Dosis de norepinefrina turno nocturno, mcg/kg/min	0.22 (0.17)	3.95 (2.06)	0.103
Dosis de dobutamina turno matutino, mcg/kg/min	5.8 (2.9)	4.12 (2.10)	0.033
Dosis de dobutamina turno nocturno, mcg/kg/min	5.1 (3)	0.004 (0.002)	0.253
Dosis de vasopresina turno nocturno, mcg/kg/min	0.003 (0.001)	0.006 (0.003)	0.562
Dosis de vasopresina turno nocturno, mcg/kg/min	0.003 (0.001)	69 (47)	0.035
Uresis horaria turno matutino, ml/h	59 (41)	77 (40)	0.462
Uresis horaria turno nocturno, ml/h	64 (33)	90 (71)	0.254
Ingresos horarios turno matutino, ml/h	91 (74)	103 (71)	0.956
Ingresos horarios turno nocturno, ml/h	78 (57)	78 (10)	0.211
Presión venosa central máxima	10 (6)	10 (6)	0.525
Presión venosa central mínima	7 (7)	10 (5)	0.811
Presión capilar pulmonar turno matutino	27 (8)	14 (4)	0.016
Presión capilar pulmonar turno nocturno	39 (16)	13 (5)	0.006
Resistencias vasculares sistémicas	2170 (939)	1971 (607)	0.602
pH mínimo turno matutino	7.34 (0.07)	7.33 (0.09)	0.577
pH mínimo turno nocturno	7.33 (0.08)	7.33 (0.08)	0.872
HCO ₃ mínimo turno matutino, mmol/L	22 (5)	20.5 (3.6)	0.095
HCO ₃ mínimo turno nocturno, mmol/L	21 (6)	20.9 (3.9)	0.551
Potasio máximo turno matutino, mmol/L	4.4 (0.7)	4.6 (0.9)	0.484
Potasio máximo turno nocturno, mmol/L	4.3 (0.5)	4.4 (0.7)	0.524
Lactato máximo turno matutino, mmol/L	4.3 (4.4)	3.7 (2.6)	0.416
Lactato mínimo turno matutino, mmol/L	3.8 (4)	3.4 (2.6)	0.600
Transfusión de concentrado eritrocitario (%)	3 (20)	16 (17)	0.876
Transfusión de aféresis plaquetaria (%)	1 (6)	8 (8.7)	0.879
Transfusión de plasma (%)	3 (20)	20 (21.7)	0.871

Tabla 4. Comparación de características de pacientes que requirieron terapia de reemplazo renal y aquellos que no

Con respecto a las variables nominales analizadas, la asociación más significativa para el requerimiento de terapia de reemplazo renal se encontró con el antecedente de enfermedad renal crónica KDIGO 3-5 (OR 11.6, IC 8.6-34.3), el uso de vasopresina al ingreso a UCI (OR 3.42 IC 2.3-7.6) y el uso de balón de contrapulsación aórtico (OR 11.6 IC 9.2-34.3) (Figura 3).

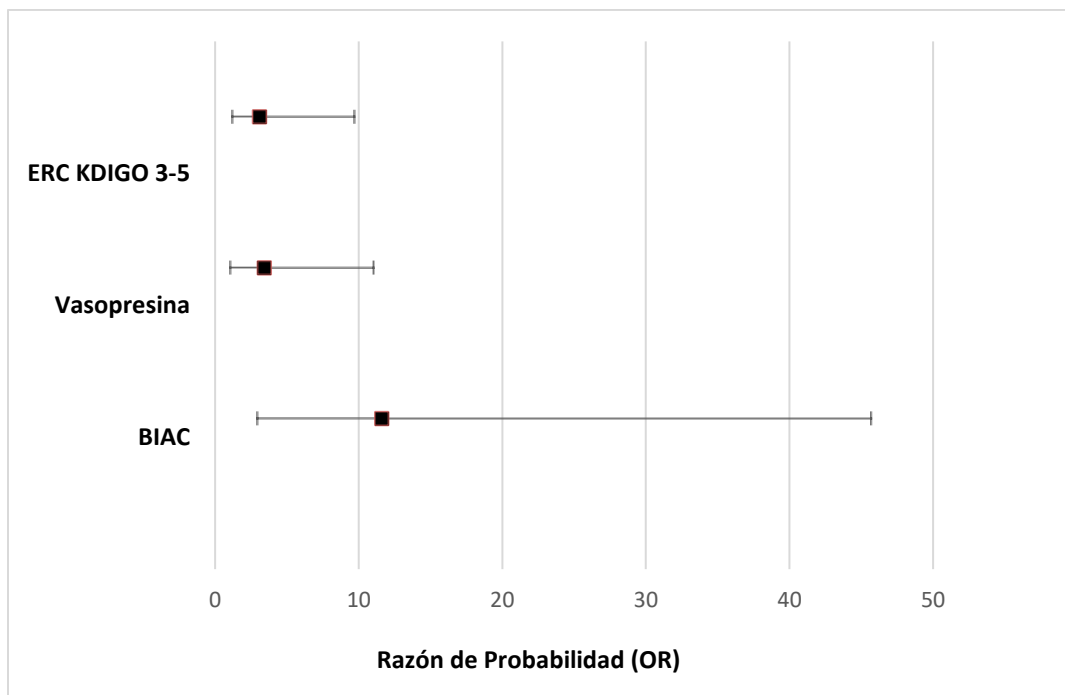


Figura 3. Gráfico de bosque. factores significativamente asociados a TRR

Otras variables con una asociación significativa fueron la creatinina basal, el requerimiento de norepinefrina, vasopresina o dobutamina al ingreso a UCI, parámetros de laboratorio al ingreso a UCI como la creatinina, nitrógeno de urea, proteína C reactiva, dímero D y albúmina. Dosis más altas de dobutamina y vasopresina también tuvieron relación significativa, al igual que una mayor presión capilar pulmonar, como se aprecia en la **Figura 4**.

Hiperkalemia

Se tomó como punto de corte un potasio sérico > 5.5 meq/L. Se compararon a los pacientes que en algún punto del seguimiento desarrollaron hiperkalemia con aquellos que no. Estos resultados se muestran en la **tabla 5**.

	Hiperkalemia n = 36	No Hiperkalemia n = 71	p
Características Generales			
Edad, años (DE)	56 (13)	56 (16)	0.854
Género (%)			
Mujer	8 (22)	45 (63)	
Hombre	28 (78)		0.131
Cr basal, mg/dL (DE)	1.08 (0.66)	0.89 (0.28)	0.057
TFGe basal, ml/min/1.72m2 (DE)	88 (29)	93 (23)	0.351
Comorbilidades (%)			
DM2	20 (56)	31 (44)	0.244
HAS	19 (53)	28 (39)	0.148
ERC, cualquier estadio	15 (42)	26 (37)	0.612
KDIGO 3-5	10 (28)	6 (8)	
Cardiopatía isquémica	7 (19)	10 (14)	0.474
Enfermedad valvular	16 (44)	24 (34)	0.282
IC no valvular	6 (17)	8 (11)	0.434
Fármacos previo al ingreso (%)			
IECA	18 (50)	27 (38)	0.236
ARNi	1 (3)	5 (7)	0.357
ARM	9 (25)	23 (32)	0.430
iSGLT2	12 (33)	20 (28)	0.581
Beta bloqueador	19 (53)	24 (34)	0.043
ASA	9 (25)	19 (27)	0.845
Motivo de ingreso (%)			
IC descompensada	18 (50)	32 (45)	0.676
Infarto agudo al miocardio	8 (22)	19 (27)	0.664
Disfunción protésica	4 (11)	6 (8)	0.638
Cirugía cardíaca programada	2 (6)		0.432
Cateterismo cardíaco			
Volumen de medio de contraste administrado, mL (DE)	6 (17)	14 (19)	0.702
Cirugía cardíaca (%)			
Revascularización coronaria	23 (64)	39 (55)	0.375
Cirugía de Bentall y Bono	8 (22)	6 (8)	0.046
Cambio valvular aórtico	1 (3)	4 (6)	0.508
Cambio valvular mitral	10 (28)	18 (25)	0.787
Cambio valvular tricuspídeo	11 (31)	6 (8)	0.003
Cambio valvular tricuspídeo	2 (6)	4 (6)	0.987
Tiempo de circulación extracorpórea, minutos (DE)	139 (40)	154 (64)	0.337
Tiempo de pinzamiento aórtico, minutos (DE)	102 (34)	104 (43)	0.882
Ingreso a urgencias / hospitalización			
TAM, mmHg (DE)			
TAM, mmHg (DE)	83 (13)	80 (11)	0.254
FC, lpm (DE)	85 (18)	81 (18)	0.206
FR, lpm (DE)	20 (13)	18 (3)	0.383

Estudios de laboratorio al ingreso a UCI (DE)			
Cretinina, mg/dL	1.6 (1,1)	1.4 (0.7)	0.279
Nitrógeno de urea, mg/dL	32 (20)	32 (22)	0.964
Glucosa, mg/dL	177 (67)	150 (57)	0.035
Sodio, mmol/dL	138 (6)	139 (6)	0.637
Potasio, mmol/dL	4.9 (1.0)	4.2 (0.5)	0.000
Cloro, mmol/L	104 (7)	102 (7)	0.405
Calcio, mmol/L	8.6 (0.9)	8.4 (0.7)	0.239
Fósforo, mmol/L	21 (97)	4.2 (1.1)	0.149
Magnesio, mmol/L	2.4 (0.5)	2.3 (0.5)	0.264
Aspartato aminotransferasa, U/L	200 (239)	277 (673)	0.513
Deshidrogenasa láctica, U/L	1159 (2913)	604 (455)	0.144
Proteína C reactiva, mg/L	51 (54)	77 (87)	0.119
Sodio urinario, meq/L	41 (15)	40 (22)	0.778
Sodio urinario 2 horas post-diurético, meq/L	90 (18)	86 (23)	0.600
Potasio urinario, meq/L	41 (21)	44 (25)	0.667
Cloro urinario, meq/L	60 (34)	56 (31)	0.526
Creatinina urinaria, mg/dL	74 (47)	88 (81)	0.394
Nitrógeno de urea en orina, mg/dL	413 (290)	437 (269)	0.703
Hemoglobina g/dL	12.2 (2.6)	11.9 (2.6)	0.590
Leucocitos, 106/uL	12.7 (6.9)	9.7 (4.9)	0.013
Linfocitos, 106/uL	1.5 (0.9)	1.4 (1.2)	0.619
Plaquetas, 106/uL	203 (72)	198 (74)	0.765
Tiempo de protrombina, seg	14 (13)	12.2 (3.0)	0.260
Tiempo de tromboplastina parcial activado, seg	46 (22)	103.2 (492.2)	0.497
INR	1.5 (1.2)	1.3 (0.3)	0.257
Dímero D, µg/mL	4 (3)	3.17 (3.61)	0.256
nt-proBNP, pg/mL	7352 (13787)	8757 (16388)	0.661
Troponina T, ng/mL	2940 (4495)	3718 (7775)	0.585
Procalcitonina, ng/mL	2.4 (5.0)	2.27 (4.49)	0.899
Albúmina g/dL	3.9 (0.6)	3.7 (0.6)	0.169
Estado al ingreso a UCI			
Norepinefrina	29 (81)	50 (70)	0.378
Vasopresina	9 (14)	19 (27)	0.462
Inotrópico	21 (58)	35 (49)	0.491
Balón de contrapulsación	4 (11)	7 (10)	0.840
ECMO	1 (3)	1 (1)	0.652
Estado de volumen al ingreso a UCI (%)			
Ingurgitación yugular, cualquier grado	16 (44)	20 (28)	0.067
Edema periférico, cualquier grado	7 (19)	12 (17)	0.718
Evaluación ultrasonográfica del estado de volumen	0		
4-8 Líneas B (%)	2	5 (7)	0.238
Diámetro de vena cava inferior, cm (DE)	2.1 (0.2)		0.511
Patrón doppler de venas suprahepáticas (%)	0	2.0 (0.4)	
S>D	16 (44)	36 (51)	0.815
S=D	14 (39)	17 (24)	0.107
S<D	4 (11)	9 (13)	0.301
Pulsatilidad de la vena porta, % (%)	0		
<30	17 (47)	55 (77)	0.086
30-50	11 (31)	8 (11)	0.250
>50	6 (17)	7 (10)	0.308

Evolución durante el primer día de terapia intensiva (DE)			
PAM mínima turno matutino, mmHg	64 (12)	67 (10)	0.280
PAM mínima turno nocturno, mmHg	66 (8)	68 (10)	0.339
FC máxima turno matutino, lpm	92 (23)	75 (13)	0.576
FC máxima turno nocturno, lpm	89 (19)	75 (14)	0.513
Dosis de norepinefrina turno matutino, mcg/kg/min	0.21 (0.21)	0.13 (0.11)	0.074
Dosis de norepinefrina turno nocturno, mcg/kg/min	0.22 (0.17)	4.28 (2.12)	0.014
Dosis de dobutamina turno matutino, mcg/kg/min	4.06 (2.49)	4.36 (2.09)	0.724
Dosis de dobutamina turno nocturno, mcg/kg/min	4.13 (2.64)	0.004 (0.002)	0.731
Dosis de vasopresina turno nocturno, mcg/kg/min	0.004 (0.003)	0.005 (0.002)	0.762
Dosis de vasopresina turno nocturno, mcg/kg/min	0.006 (0.003)	70 (47)	0.240
Uresis horaria turno matutino, ml/h	62 (43)	77 (38)	0.425
Uresis horaria turno nocturno, ml/h	72 (41)	88 (77)	0.622
Ingresos horarios turno matutino, ml/h	96 (60)	96 (75)	0.564
Ingresos horarios turno nocturno, ml/h	105 (58)	79 (10)	0.540
Presión venosa central máxima	11 (5)	10 (7)	0.567
Presión venosa central mínima	11 (4)	10 (5)	0.285
Presión capilar pulmonar turno matutino	15 (5)	16 (14)	0.806
Presión capilar pulmonar turno nocturno	14 (6)	18 (24)	0.574
Resistencias vasculares sistémicas	2113 (564)	1898 (675)	0.363
Índice cardiaco turno matutino	2.10 (1.1)	2 (1)	0.955
Índice cardiaco turno nocturno	2.06 (0.30)	3 (1)	0.025
pH mínimo turno matutino	7.31 (0.09)	7.35 (0.09)	0.053
pH mínimo turno nocturno	7.31 (0.08)	7.34 (0.08)	0.100
HCO ₃ mínimo turno matutino, mmol/L	19.5 (3.7)	21.5 (3.7)	0.012
HCO ₃ mínimo turno nocturno, mmol/L	20.0 (2.9)	21.6 (4.9)	0.087
Potasio máximo turno matutino, mmol/L	5.2 (1.1)	4.2 (0.5)	0.000
Potasio máximo turno nocturno, mmol/L	4.8 (0.7)	4.2 (0.5)	0.000
Lactato máximo turno matutino, mmol/L	4.2 (3.2)	3.5 (2.7)	0.278
Lactato mínimo turno matutino, mmol/L	3.7 (2.7)	3.3 (2.9)	0.492
Transfusión de concentrado eritrocitario (%)	4 (11)	13 (18)	0.484
Transfusión de aféresis plaquetaria (%)	3 (8)	9 (13)	0.832
Transfusión de plasma (%)	1 (3)	13 (18)	0.322
Transfusión de plasma (%)	3 (20)	20 (21.7)	0.871

Tabla 5. Comparación de características de pacientes que desarrollaron hiperkalemia y aquellos que no

Los factores identificados con mayor fuerza de asociación fueron nuevamente la creatinina basal y al primer día de estancia en UCI, un mayor volumen de medio de contraste administrado, la cirugía de revascularización coronaria y el recambio valvular mitral, la cifra de leucocitos y dosis más altas de norepinefrina. En la **Figura 2** se pueden observar algunos de estos hallazgos.

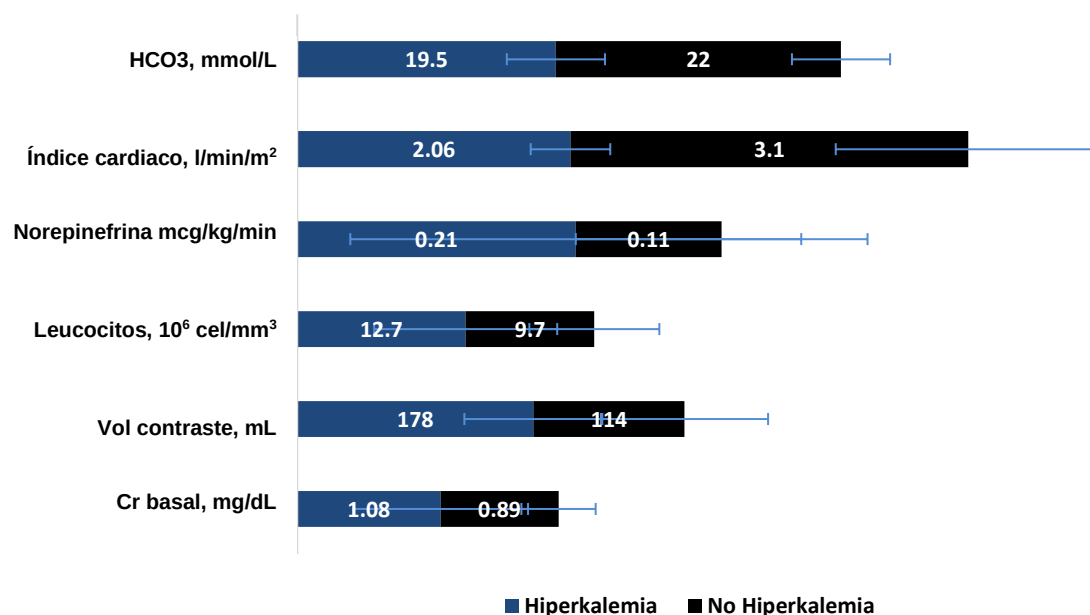


Figura 4. Variables cuantitativas asociadas a hiperkalemia

Acidosis metabólica

En la **Tabla 6** se presenta la comparación de los pacientes que presentaron acidosis y sobrecarga de volumen con aquellos que no. Una vez más la creatinina sérica se presenta como un factor con asociación significativa, y al igual que para el desarrollo de hiperkalemia, el volumen de medio de contraste administrado tuvo se asoció a mayor acidosis. Con respecto a las variables al ingreso a UCI, la creatinina, glucosa, cloro sérico y la cifra de leucocitos y plaquetas tuvieron una asociación fuerte. El uso de balón de contrapulsación aórtico y ECMO y los niveles de lactato también fueron significativos. Lo anterior se representa en la **Figura 5**.

Sobrecarga de volumen

Con respecto a la sobrecarga de volumen, a diferencia de los grupos anteriores ni la creatinina basal ni la creatinina al ingreso a UCI tuvo significancia alguna. Otras asociaciones que destacar son el requerimiento de un segundo vasopresor al ingreso a UCI, y alteraciones ultrasonográficas sugerentes de congestión venosa central como el patrón Doppler de la vena suprahepática y la vena porta. Además, el grupo de sobrecarga de volumen tuvo niveles más altos de lactato, así como mayor requerimiento transfusional.

	No Acidosis	Acidosis		No Sobrecarga	Sobrecarga	
	n = 91	n = 16	p	n = 81	n = 26	p
Características Generales						
Edad, años (DE)	56 (15)	57 (15)	0.839	56 (14)	58 (17)	0.606
Género (%)						
Mujer	62 (69)	11 (69)		60 (66)	13 (50)	
Hombre	29 (32)	5 (31)	0.961	21 (23)	13 (50)	0.022
IMC		0		0	0	
Cr basal, mg/dL (DE)	0.91 (0.37)	1.2 (0.7)	0.021	0.95 (0.39)	1.0 (0.6)	0.641
TFGe basal, ml/min/1.72m ² (DE)	92 (22)	84.9 (38)	0.229	93 (23)	88 (30)	0.391
Comorbilidades (%)						
DM2	42 (46)	9 (56)	0.450	39 (43)	12 (46)	0.859
HAS	40 (44)	7 (44)	0.959	35 (38)	12 (46)	0.83
ERC, cualquier estadio	34 (37)	7 (44)		30 (33)	11 (42)	0.631
KDIGO 3-5	6 (7)	2 (13)		6 (7)	5 (19)	0.084
Cardiopatía isquémica	14 (15)	3 (19)	0.734	16 (18)	1 (4)	0.054
Enfermedad valvular	36 (40)	4 (25)	0.267	29 (32)	11 (42)	0.551
IC no valvular	12 (13)	2 (13)	0.940	14 (15)	0 (0)	0.023
Fármacos previo al ingreso (%)						
IECA	38 (42)	7 (44)	0.882	34 (37)	11 (42)	0.976
ARNi	5 (5)	1 (6)	0.912	5 (5)	1 (4)	0.645
ARM	26 (29)	6 (38)	0.472	27 (30)	5 (19)	0.172
iSGLT2	27 (30)	5 (31)	0.899	26 (29)	6 (23)	0.382
Beta bloqueador	36 (40)	7 (44)	0.778	33 (36)	10 (38)	0.801
ASA	24 (26)	4 (25)	0.908	25 (27)	3 (12)	0.051
Motivo de ingreso (%)						
IC descompensada	45 (49)	5 (31)	0.165	41 (45)	9 (35)	0.14
Infarto agudo al miocardio	22 (24)	5 (31)	0.451	23 (25)	4 (15)	0.173
Disfunción protésica	10 (11)	1 (6)	0.167	9 (10)	1 (4)	0.288
Cirugía cardíaca programada	0	3 (19)		0	0	
Cateterismo cardíaco						
Volumen de medio de contraste administrado, mL (DE)	123 (65)	198 (24)	0.023	139 (63)	136 (92)	0.93
Cirugía cardíaca (%)						
Revascularización coronaria	11 (12)	3 (19)	0.466	9 (10)	5 (19)	0.285
Cirugía de Bentall y Bono	4 (4)	1 (6)	0.746	3 (3)	2 (8)	0.402
Cambio valvular aórtico	26 (29)	2 (13)	0.177	19 (21)	9 (35)	0.26
Cambio valvular mitral	15 (16)	2 (13)	0.688	12 (13)	5 (19)	0.692
Cambio valvular tricuspídeo	6 (7)	0	0.290	5 (5)	1 (4)	0.654
Tiempo de circulación extracorpórea, minutos (DE)	150 (58)	133 (36)	0.488	151 (57)	138 (52)	0.43
Tiempo de pinzamiento aórtico, minutos (DE)	105 (26)	95 (36)	0.531	103 (38)	106 (45)	0.856
Ingreso a urgencias / hospitalización						
TAM, mmHg (DE)	81 (11)	83 (16)	0.647	80 (12)	83 (11)	0.456
FC, lpm (DE)	82 (18)	80 (20)	0.592	83 (18)	79 (17)	0.285
FR, lpm (DE)	19 (8)	18 (2)	0.521	18 (3)	21 (16)	0.227

Estudios de laboratorio al ingreso a UCI (DE)						
Cretinina, mg/dL	1.4 (0.8)	1.9 (1.0)	0.039	1 (0.9)	1.4 (0.8)	0.538
Nitrógeno de urea, mg/dL	32 (22)	33 (22)	0.858	32 (23)	30 (15)	0.578
Glucosa, mg/dL	153 (55)	193 (84)	0.016	155 (57)	171 (75)	0.251
Sodio, mmol/dL	138 (6)	141 (7)	0.152	139 (6)	138 (7)	0.327
Potasio, mmol/dL	4.4 (0.7)	4.6 (1.0)	0.282	4 (0.7)	4.6 (1.0)	0.379
Cloro, mmol/L	102 (7)	106 (8)	0.033	103 (7)	103 (7)	0.367
Calcio, mmol/L	8.5 (0.8)	8 (0.3)	0.477	8 (0.8)	8.3 (0.6)	0.903
Fósforo, mmol/L	10.8 (61.2)	5.1 (2.0)	0.721	11 (65.0)	4.4 (1.2)	0.165
Magnesio, mmol/L	2.4 (0.5)	2.3 (0.4)	0.315	2 (0.5)	2.2 (0.4)	0.352
Aspartato aminotransferasa, U/L	256 (598)	215 (278)	0.795	224 (507)	334 (713)	0.402
Deshidrogenasa láctica, U/L	811 (1900)	712 (387)	0.848	856 (1993)	600 (411)	0.553
Proteína C reactiva, mg/L	66 (77)	87.7 (89)	0.334	64 (72)	86 (96)	0.233
Sodio urinario, meq/L	40 (20)	42.5 (21)	0.703	41 (21)	38 (16)	0.312
Sodio urinario 2 horas post-diurético, meq/L	88 (23)	85.0 (17)	0.777	87 (21)	89 (25)	0.572
Potasio urinario, meq/L	42 (23)	49.2 (23)	0.281	42 (24)	45 (20)	0.762
Cloro urinario, meq/L	55 (31)	67.14 (37)	0.214	59 (33)	53 (30)	0.643
Creatinina urinaria, mg/dL	85 (77)	71.429 (31)	0.507	83 (78)	83 (48)	0.461
Nitrógeno de urea en orina, mg/dL	442 (283)	361.36 (221)	0.314	428 (261)	435 (327)	0.96
Hemoglobina g/dL	12.1 (2.5)	11.6 (3.1)	0.493	12 (2.5)	11.6 (3.0)	0.32
Leucocitos, 106/uL	12.6 (5.6)	16.4 (8.4)	0.025	13 (6.2)	13.7 (6.2)	0.625
Neutrófilos, 106/uL	10.1 (5.2)	14.0 (7.7)	0.013	10 (5.8)	10.7 (5.9)	0.965
Linfocitos, 106/uL	1.4 (1.2)	1.6 (0.5)	0.555	1 (1.2)	1.7 (0.8)	0.175
Plaquetas, 106/uL	208 (70)	153 (74)	0.004	203 (75)	191 (66)	0.468
Tiempo de protrombina, seg	12.8 (8.7)	13 (3)	0.948	12 (9.1)	12.6 (3.2)	0.883
Tiempo de tromboplastina parcial activado, seg	89.1 (436.1)	56 (25)	0.767	97 (463.0)	42.3 (13.8)	0.553
INR	1.4 (0.8)	1.4 (0.3)	0.995	1 (0.9)	1.3 (0.3)	0.839
Dímero D, µg/mL	3.28 (3.53)	5 (3)	0.165	3 (2.80)	4.32 (5.03)	0.226
nt-proBNP, pg/mL	8037 (16155)	9648 (11455)	0.704	9007 (15982)	5922 (13867)	0.387
Troponina T, ng/mL	3401 (7184)	3806 (4451)	0.833	3741 (7376)	2505 (4623)	0.44
Procalcitonina, ng/mL	2.41 (4.86)	1.6 (2.0)	0.646	2 (4.63)	2.27 (4.85)	0.953
Albúmina g/dL	3.8 (0.6)	3.4 (0.5)	0.124	3 (0.6)	3.6 (0.6)	0.344
Estado clínico al ingreso a UCI (%)	0			0	0	
Norepinefrina	66 (73)	13 (81)	0.948	59 (65)	20 (77)	0.321
Vasopresina	27 (30)	5	0.935	18 (20)	14 (54)	0.009
Inotrópico	50 (55)	6 (38)	0.416	41 (45)	14 (54)	0.828
Balón de contrapulsación	7 (8)	4 (25)	0.036	6 (7)	5 (19)	0.084
ECMO	0 (0)	2 (13)	0.001	0 (0)	2 (8)	0.01
Estado de volumen al ingreso a UCI (%)	0			0	0	
Ingurgitación yugular, cualquier grado	31 (34)	5 (31)	0.772	22 (24)	4 (15)	0.39
Edema periférico, cualquier grado	16 (18)	3 (19)	0.982	15 (16)	4 (15)	0.872
Evaluación ultrasonográfica del estado de volumen	0	0		0	0	
4-8 Líneas B (%)	9 (10)	2 (13)	0.503	10 (11)	4 (15)	0.724
Diámetro de vena cava inferior, cm (DE)	2.1 (0.3)	2.1 (0.3)	0.755	2 (0.3)	1.9 (0.2)	0.41
Patrón doppler de venas suprahepáticas (%)	0	0		0	0	
S>D	44 (48)	5 (31)	0.963	20 (77)	32 (35)	0.001
S=D	26 (29)	1 (6)	0.820	4 (15)	27 (30)	0.079
S<D	11 (12)	1 (6)	0.944	0 (0)	13 (14)	0.029
Pulsatilidad de la vena porta, % (%)	0	0		0	0	
<30	66 (73)	9 (56)	1.000	21 (81)	56 (62)	0.167
30-50	13 (14)	4 (25)	0.850	3 (12)	12 (13)	0.675
>50	11 (12)	3 (19)	0.963	1 (4)	12 (13)	0.136

Evolución durante el primer día de terapia intensiva (DE)						
PAM mínima turno matutino, mmHg	67 (11)	63 (10)	0.229	67 (10)	64 (14)	0.237
PAM mínima turno nocturno, mmHg	67 (10)	65 (6)	0.442	68 (7)	65 (14)	0.23
FC máxima turno matutino, lpm	75 (13)	99 (27)	0.042	76 (13)	75 (14)	0.524
FC máxima turno nocturno, lpm	75 (14)	86 (15)	0.742	74 (14)	77 (14)	0.251
FiO2 máxima turno matutino, %	36 (8)	63 (32)		37 (10)	35 (9)	0.732
FiO2 máxima turno nocturno, %	0.15 (0.14)	40 (14)		0 (0.16)	0.22 (0.13)	0.281
Dosis de norepinefrina turno matutino, mcg/kg/min	0.14 (0.11)	0.29 (0.17)	0.004	0 (0.14)	0.21 (0.13)	0.095
Dosis de norepinefrina turno nocturno, mcg/kg/min	4.10 (2.29)	0.24 (0.20)	0.025	4 (2.40)	3.97 (1.77)	0.062
Dosis de dobutamina turno matutino, mcg/kg/min	4.28 (2.36)	4.95 (1.85)	0.387	4 (2.50)	4.55 (1.38)	0.668
Dosis de dobutamina turno nocturno, mcg/kg/min	0.004 (0.002)	4.29 (1.65)	0.990	0 (0.003)	0.005 (0.001)	0.4
Dosis de vasopresina turno nocturno, mcg/kg/min	0.005 (0.002)	0.005 (0.003)	0.079	0 (0.003)	0.005 (0.002)	0.4
Dosis de vasopresina turno nocturno, mcg/kg/min	68 (42)	0.006 (0.003)	0.396	75 (47)	45 (34)	0.683
Uresis horaria turno matutino, ml/h	77 (39)	63 (62)	0.700	81 (40)	60 (30)	0.007
Uresis horaria turno nocturno, ml/h	90 (70)	68 (38)	0.412	119 (82)	81 (65)	0.018
Ingresos horarios turno matutino, ml/h	100 (72)	96 (80)	0.737	89 (66)	126 (71)	0.018
Ingresos horarios turno nocturno, ml/h	78 (10)	94 (57)	0.752	79 (10)	77 (11)	0.02
Presión venosa central máxima	10 (6)	10 (4)	0.790	10 (6)	9 (4)	0.37
Presión venosa central mínima	10 (5)	10 (4)	0.759	10 (5)	9 (4)	0.46
Presión capilar pulmonar turno matutino	16 (12)	13 (6)	0.649	17 (12)	11 (5)	0.27
Presión capilar pulmonar turno nocturno	16 (19)	14 (3)	0.790	17 (21)	13 (4)	0.62
Resistencias vasculares sistémicas	1939 (613)	2467 (688)	0.172	1929 (568)	2195 (815)	0.336
Índice cardíaco turno matutino	2 (1)	2.53 (0.68)	0.876	2 (1)	2 (0)	0.422
Índice cardíaco turno nocturno	2 (1)	2.13 (0.45)	0.423	2 (1)	3 (1)	0.249
pH mínimo turno matutino	7.35 (0.07)	7.26 (0.13)		7 (0.09)	7.34 (0.09)	0.92
pH mínimo turno nocturno	7.34 (0.07)	7.26 (0.10)		7 (0.08)	7.33 (0.09)	0.884
HCO3 mínimo turno matutino, mmol/L	21.4 (3.5)	17.2 (3.9)		20 (4.0)	20.1 (3.4)	0.38
HCO3 mínimo turno nocturno, mmol/L	22.0 (3.6)	15.7 (4.0)		21 (3.8)	18.5 (5.1)	0.002
Potasio máximo turno matutino, mmol/L	4.5 (0.8)	5.0 (1.2)	0.063	4 (0.9)	4.5 (0.9)	0.527
Potasio máximo turno nocturno, mmol/L	4.4 (0.7)	4.5 (0.7)	0.622	4 (0.7)	4.4 (0.7)	0.928
Lactato máximo turno matutino, mmol/L	3.4 (2.5)	5.9 (4.0)	0.001	3 (2.6)	4.9 (3.4)	0.02
Lactato mínimo turno matutino, mmol/L	2.9 (1.9)	6.1 (5.1)	0.002	3 (1.9)	4.5 (4.6)	0.034
Transfusión de concentrado eritrocitario (%)	16 (18)	3	0.452	10 (11)	9 (35)	0.01
Transfusión de aféresis plaquetaria (%)	8 (9)	1	0.374	6 (7)	5 (19)	0.084
Transfusión de plasma (%)	20 (22)	3	0.723	14 (15)	9 (35)	0.061

Tabla 6. Comparación de características de pacientes que desarrollaron acidosis metabólica y sobrecarga de volumen con aquellos que no

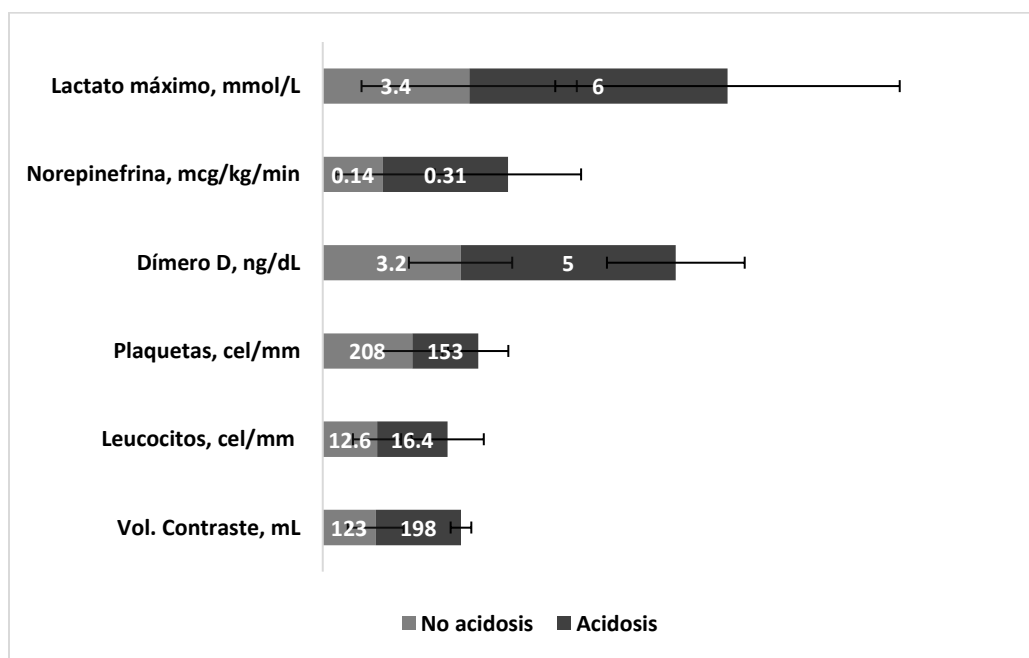


Figura 5. Variables cuantitativas asociadas a acidosis

DISCUSIÓN

Si bien existen múltiples estudios que han buscado factores asociados al desarrollo de lesión renal aguda en pacientes en unidades de cuidados intensivos cardiovasculares, este, a nuestro conocimiento, es el primer estudio prospectivo que además de buscar factores asociados a terapia de reemplazo renal ha tratado de buscar factores asociados al desarrollo de criterios de inicio de terapia de reemplazo renal, es decir, hiperkalemia, acidosis metabólica, y sobrecarga de volumen, en esta población.

En el presente estudio, 14% de pacientes desarrollaron lesión renal aguda grave con requerimiento de terapia de reemplazo renal. La mortalidad general fue de 15% y la incidencia de lesión renal aguda de cualquier grado fue de 89% y de 28% para lesión renal aguda KDIGO G3. 67% de pacientes que desarrollaron lesión renal aguda presentaron recuperación completa. El antecedente de enfermedad renal crónica en estadio 3 o mayor de KDIGO, el requerimiento de vasopresina y de balón de contrapulsación intraaórtico al ingreso a UCI se asociaron al requerimiento de terapia de reemplazo renal. Además, pacientes que requirieron dosis más altas de norepinefrina, vasopresina, y que al ingreso a UCI tuvieron presiones capilares pulmonares más altas también tuvieron mayor riesgo. 34% de pacientes desarrolló hiperkalemia (> 5.5 meq/L) y 15% acidosis grave (definida por un $\text{pH} < 7.2$ y/o $\text{HCO}_3^- < 12$ mmol/L). El volumen de medio de contraste, la creatinina basal, cifra de leucocitos y dosis de norepinefrina fueron factores asociados tanto a hiperkalemia como a acidosis de forma significativa. Un menor índice cardiaco y una menor concentración de bicarbonato se asociaron a hiperkalemia, mientras que la elevación de dímero D y lactato sérico se asoció al desarrollo de acidosis metabólica.

La incidencia de lesión renal aguda grave que requirió terapia de reemplazo renal fue similar a la reportada por otros autores. En la revisión de la literatura no se encontraron estudios dirigidos a la búsqueda de factores de riesgo para el desarrollo de criterios de inicio de terapia de reemplazo renal. Algunos de los factores asociados a lesión renal aguda reportados previamente en poblaciones similares estuvieron presentes en este estudio, como el antecedente de enfermedad renal crónica, la elevación de creatinina y nitrógeno de urea al ingreso, el uso de vasopresores o inotrópicos y el requerimiento transfusional. Otros factores que se han asociado a lesión renal, como el tiempo de circulación extracorpórea y pinzamiento aórtico no fueron relevantes en este estudio.

CONCLUSIONES

Se identificaron múltiples factores asociados a las distintas indicaciones de inicio de terapia de reemplazo renal. El volumen de medio de contraste administrado en pacientes sometidos cateterismo cardiaco, la cifra de leucocitos, dosis de norepinefrina al ingreso a UCI, el índice cardiaco y el bicarbonato mínimo fueron factores asociados al desarrollo de hiperkalemia. En pacientes que desarrollaron acidosis metabólica, la cifra plaquetaria, lactato, dímero D, dosis de norepinefrina, leucocitos y el volumen de medio de contraste tuvieron una asociación significativa. Finalmente, el requerimiento de un segundo vasopresor, los niveles de lactato y la transfusión de concentrados eritrocitarios se asociaron a sobrecarga de volumen.

DECLARACIÓN DE FONDOS

El Dr. Armando Vázquez Rangel recibió apoyo por parte del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), proyecto 234130.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Makris, K., & Spanou, L. (2016). Acute Kidney Injury: Definition, Pathophysiology and Clinical Phenotypes. *The Clinical biochemist. Reviews*, 37(2), 85–98.
2. Khwaja A. (2012). KDIGO clinical practice guidelines for acute kidney injury. *Nephron. Clinical practice*, 120(4), c179–c184. <https://doi.org/10.1159/000339789>
4. Adler, C., Reuter, H., Seck, C., Hellmich, M., & Zobel, C. (2013). Fluid therapy and acute kidney injury in cardiogenic shock after cardiac arrest. *Resuscitation*, 84(2), 194–199. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2012.06.013>
5. Lauridsen, M. D., Gammelager, H., Schmidt, M., Rasmussen, T. B., Shaw, R. E., Bøtker, H. E., Sørensen, H. T., & Christiansen, C. F. (2015). Acute kidney injury treated with renal replacement therapy and 5-year mortality after myocardial infarction-related cardiogenic shock: a nationwide population-based cohort study. *Critical care (London, England)*, 19, 452. <https://doi.org/10.1186/s13054-015-1170-8>.
6. Koreny, M., Karth, G. D., Geppert, A., Neunteufl, T., Priglinger, U., Heinz, G., & Siostrzonek, P. (2002). Prognosis of patients who develop acute renal failure during the first 24 hours of cardiogenic shock after myocardial infarction. *The American journal of medicine*, 112(2), 115–119. [https://doi.org/10.1016/s0002-9343\(01\)01070-1](https://doi.org/10.1016/s0002-9343(01)01070-1)
7. Ru, S. C., Lv, S. B., & Li, Z. J. (2023). Incidence, mortality, and predictors of acute kidney injury in patients with heart failure: a systematic review. *ESC heart failure*, 10(6), 3237–3249. <https://doi.org/10.1002/ehf2.14520>
8. Song, Z., Yang, Z., Hou, M., & Shi, X. (2022). Machine learning in predicting cardiac surgery-associated acute kidney injury: A systemic review and meta-analysis. *Frontiers in cardiovascular medicine*, 9, 951881. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.951881>

9. Huen, S. C., & Parikh, C. R. (2012). Predicting acute kidney injury after cardiac surgery: a systematic review. *The Annals of thoracic surgery*, 93(1), 337–347. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2011.09.010>

10. Flechet, M., Güiza, F., Schetz, M., Wouters, P., Vanhorebeek, I., Derese, I., Gunst, J., Spriet, I., Casaer, M., Van den Berghe, G., & Meyfroidt, G. (2017). AKIpredictor, an online prognostic calculator for acute kidney injury in adult critically ill patients: development, validation and comparison to serum neutrophil gelatinase-associated lipocalin. *Intensive care medicine*, 43(6), 764–773. <https://doi.org/10.1007/s00134-017-4678-3>

11. Matsuura, R., Doi, K., & Rabb, H. (2023). Acute kidney injury and distant organ dysfunction-network system analysis. *Kidney international*, 103(6), 1041–1055. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2023.03.025>

12. Visseren, F. L. J., Mach, F., Smulders, Y. M., Carballo, D., Koskinas, K. C., Bäck, M., Benetos, A., Biffi, A., Boavida, J. M., Capodanno, D., Cosyns, B., Crawford, C., Davos, C. H., Desormais, I., Di Angelantonio, E., Franco, O. H., Halvorsen, S., Hobbs, F. D. R., Hollander, M., Jankowska, E. A., ... ESC Scientific Document Group (2021). 2021 ESC Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *European heart journal*, 42(34), 3227–3337. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab484>

13. Rodenas-Alesina E, Wang VN, Brahmbhatt DH, Scolari FL, Mihajlovic V, Fung NL, Otsuki M, Billia F, Overgaard CB, Luk A. CALL-K score: predicting the need for renal replacement therapy in cardiogenic shock. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*. 2022 Jun 14;11(5):377-385. doi: 10.1093/ehjacc/zuac024. PMID: 35303055.

14. Gaudry, S., Hajage, D., Schortgen, F., Martin-Lefevre, L., Pons, B., Boulet, E., Boyer, A., Chevrel, G., Lerolle, N., Carpentier, D., de Prost, N., Lautrette, A., Bretagnol, A., Mayaux, J., Nseir, S., Megarbane, B., Thirion, M., Forel, J. M., Maizel, J., Yonis, H., ... AKIKI Study

Group (2016). Initiation Strategies for Renal-Replacement Therapy in the Intensive Care Unit. *The New England journal of medicine*, 375(2), 122–133. <https://doi.org/10.1056/NEJMoA1603017>

15. Barbar, S. D., Clere-Jehl, R., Bourredjem, A., Hernu, R., Montini, F., Bruyère, R., Lebert, C., Bohé, J., Badie, J., Eraldi, J. P., Rigaud, J. P., Levy, B., Siami, S., Louis, G., Bouadma, L., Constantin, J. M., Mercier, E., Klouche, K., du Cheyron, D., Piton, G. IDEAL-ICU Trial Investigators and the CRICS TRIGGERSEP Network (2018). Timing of Renal-Replacement Therapy in Patients with Acute Kidney Injury and Sepsis. *The New England journal of medicine*, 379(15), 1431–1442. <https://doi.org/10.1056/NEJMoA1803213>

16. Li, J. H., Cai, J. H., Wang, M. J., Zeng, Z., Du, H. Y., Lu, J., Li, Z., Zeng, X. M., & Tang, Q. (2023). Early strategy vs. late initiation of renal replacement therapy in adult patients with acute kidney injury: an updated systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *European review for medical and pharmacological sciences*, 27(13), 6046–6057. https://doi.org/10.26355/eurrev_202307_32959

17. Gaudry, S., Hajage, D., Martin-Lefevre, L., Lebbah, S., Louis, G., Moschietto, S., Titeca-Beauport, D., Combe, B., Pons, B., de Prost, N., Besset, S., Combes, A., Robine, A., Beuzelin, M., Badie, J., Chevrel, G., Bohé, J., Coupez, E., Chudeau, N., Barbar, S., ... Dreyfuss, D. (2021). Comparison of two delayed strategies for renal replacement therapy initiation for severe acute kidney injury (AKIKI 2): a multicentre, open-label, randomised, controlled trial. *Lancet (London, England)*, 397(10281), 1293–1300. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00350-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00350-0)

18. Boyd JH, Forbes J, Nakada TA, Walley KR, Russell JA. Fluid resuscitation in septic shock: a positive fluid balance and elevated central venous pressure are associated with

increased mortality. Crit Care Med. (2011) 39:259–65. doi: 10.1097/CCM.0b013e3181feeb15

19. Zarbock A, Kellum JA, Schmidt C, Van Aken H, Wempe C, Pavenstädt H, Boanta A, Gerß J, Meersch M. Effect of Early vs Delayed Initiation of Renal Replacement Therapy on Mortality in Critically Ill Patients With Acute Kidney Injury: The ELAIN Randomized Clinical Trial. JAMA. 2016 May 24-31;315(20):2190-9. doi: 10.1001/jama.2016.5828. PMID: 27209269.

20. Bouchard J, Soroko SB, Chertow GM, Himmelfarb J, Ikizler TA, Paganini EP, et al. Fluid accumulation, survival and recovery of kidney function in critically ill patients with acute kidney injury. Kidney Int. (2009) 76:422–7. doi: 10.1038/ki.2009.159

21. James MT, Bhatt M, Pannu N, Tonelli M (2020) Long-term outcomes of acute kidney injury and strategies for improved care. Nat Rev Nephrol 16(4):193–205

22. Liano, F.; Junco, E.; Pascual, J.; Madero, R.; Verde, E. The spectrum of acute renal failure in the intensive care unit compared with that seen in other settings. The Madrid Acute Renal Failure Study Group. Kidney Int. Suppl. 1998

23. Odotayo, A.; Wong, C.X.; Farkouh, M.; Altman, D.G.; Hopewell, S.; Emdin, C.A.; Hunn, B.H. AKI and Long-Term Risk for Cardiovascular Events and Mortality. J. Am. Soc. Nephrol. 2017, 28, 377–387.

24. Rabb, H.; Wang, Z.; Nemoto, T.; Hotchkiss, J.; Yokota, N.; Soleimani, M. Acute renal failure leads to dysregulation of lung salt and water channels. Kidney Int. 2003, 63, 600–606

25. Zillig, B.; Schuler, G.; Truniger, B. Renal function and intrarenal hemodynamics in acutely hypoxic and hypercapnic rats. Kidney Int. 1978, 14, 58–67. [CrossRef]