Cuantificación del exceso venoso por ultrasonido (VExUS) como predictor de injuria renal en cirugía cardiaca

Hospital de Clínicas Dr. Manuel Quintela, Uruguay, 2025

Investigadores:

Josefina Aguirrezábal, Sofía Aunés, Hernán Cabral, Cesar Lorenzo, Agustina Meerhoff, Tatiana Mussini.

Orientadores:

Prof. Adj. Dra. Antonella Gómez y Asist. Dr. Matías Pécora.

Hospital de Clínicas Dr. Manuel Quintela

Unidad Académica de Medicina Intensiva

Ciclo de Metodología Científica II-2025. Grupo 14

Noviembre 2025

Montevideo

Índice de contenidos

Tabla de abreviaturas utilizadas en el texto 3

Resumen 4

Summary 4

Graphical abstract 5

Introducción 6

Objetivos 10

Resultados 13

Discusión 21

Referencias bibliográficas 27

Agradecimientos 29

Anexo 30

Índice de tablas y figuras

Figura 1. Clasificación del sistema VExUS (Venous Excess Ultrasound Score) para la evaluación de la congestión venosa mediante ecografía Doppler. **8**

Figura 2. Diagrama de flujo de pacientes estudiados. **13**

Tabla I. Distribución de las características de la población y variables intraoperatorias según la presencia de IRA en el postoperatorio. **14**

Tabla II. Distribución de variables postoperatorias según la presencia de IRA en el postoperatorio. **14**

Figura 3. Grados de VExUS pre y postoperatorio: (A) Grados de VExUS (B) Grados de VExUS con categoría 1.5. **15**

Figura 4. Severidad de los patrones de flujo de los lechos vasculares que componen el protocolo VExUS: (A) preoperatorio (B) postoperatorio. **15**

Tabla III. Distribución de características de la población y variables postoperatorias según la severidad de VExUS en el postoperatorio. **16**

Tabla IV. Distribución de los grados de VExUS y grados de VExUS con categoría 1.5 según IRA. **16**

Tabla V. Distribución de variables con relevancia clínica según grados de VExUS considerando categoría 1.5. **17**

Tabla VI. Modelos en relación a injuria renal aguda postoperatoria mediante regresión logística. **18**

Tabla VII. Distribución de variables postoperatorias según hiperlactatemia. **19**

Figura 5. Diagrama de caja de la distribución de (A) horas de asistencia respiratoria mecánica y (B) horas de estadía en UCI según grados de VExUS. **20**

Tabla de abreviaturas utilizadas en el texto

Abreviatura	Significado
ARM	Asistencia respiratoria mecánica invasiva y no invasiva
BH	Balance hídrico
CEC	Tiempo de circulación extracorpórea
CIR	Tipo de cirugía cardíaca
DM	Diabetes Mellitus
EPOC	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
ERC	Enfermedad renal crónica
ESII/ EUROSCORE II	European System for Cardiac Operative Risk Evaluation II
FDVI	Presión de llenado del ventrículo izquierdo estimada por ecocardiografía mediante la relación E/e'.
FEVI	Fracción de eyección del ventrículo izquierdo
GC	Gasto cardíaco
Hb	Hemoglobina
HARM	Horas de asistencia ventilatoria mecánica invasiva o no invasiva
HTA	Hipertensión arterial
HTP	Hipertensión pulmonar
HUCI	Horas de estadía en Unidad de Cuidados Intensivos
IRA	Injuria renal aguda
PAFI	Presión arterial de oxígeno sobre la fracción inspirada de oxígeno
PAM	Presión arterial media
PaO_2	Presión arterial de oxígeno
PP	Presión positiva; Asistencia mecánica invasiva o no invasiva
PPR	Presión de perfusión renal
PVC	Presión venosa central
RVM	Revascularización miocárdica
SVC	Saturación venosa central
UCI	Unidad de Cuidados Intensivos
VCI	Vena cava inferior
VExUS	"Venous Excess Ultrasound Score" - Exceso Venoso por Ultrasonido
VIS	"Vasoactive Inotropic Score" - Puntuación Vasoactiva-Inotrópica
VP	Patrón de flujo de vena porta
VR	Patrón de flujo de venas intrarrenales
VS	Patrón de flujo de venas suprahepáticas

Resumen

Introducción: La congestión venosa en el postoperatorio de cirugía cardíaca aumenta el riesgo de injuria renal aguda (IRA), fenómeno multifactorial favorecido por exceso de fluidos, falla ventricular derecha e inflamación sistémica. "Venous Excess Ultrasound Score" (VExUS) es un sistema de clasificación de la congestión venosa por ultrasonido de la vena cava inferior (VCI) y de los patrones de flujo hepático y renal. El objetivo fue analizar la utilidad de VExUS para predecir IRA y complicaciones en cirugía cardíaca en un hospital universitario de Uruguay en 2025.

Métodos: Estudio observacional, analítico y prospectivo en pacientes adultos sometidos a cirugía cardíaca coordinada e ingresados en una Unidad de Cuidados Intensivos. Se realizó ecografía VExUS (pre y posoperatorio) y ecocardiografía posoperatoria. Se registraron variables clínicas, hemodinámicas,bioquímicas, ecocardiográficas a partir de las historias clínicas. Se realizaron descripciones y análisis comparativos entre variables relevantes (VExUS, IRA, lactato) y modelos de regresión logística simple y múltiple (lactato, PVC, VIS, EuroSCORE II) con IRA como variable dependiente.

Resultados: Se incluyeron 40 pacientes. La incidencia de IRA fue 17,5 %. Tras la intervención se observó un incremento de patrones de flujo de mayor severidad. Se vio una tendencia a mayores chances de IRA en pacientes con congestión moderada respecto a los sin congestión. Considerando patrones de flujo alterados pese a tener VCI no pletórica, todos los casos de IRA se presentaron en pacientes con VExUS alterado. El lactato, el pH y la PVC se asociaron a IRA; el lactato fue factor de riesgo y la PVC se presentó como protector pero con resultados discordantes según otras variables.

Conclusión: Se identificaron limitaciones del protocolo VExUS relacionadas con el uso de la VCI como criterio de entrada; se propone una nueva categoría. Se requieren estudios con mayor tamaño muestral para explorar la validez de la propuesta.

Palabras clave: VExUS, cirugía cardíaca, injuria renal aguda, congestión sistémica, lactato.

Summary

Introduction:Venous congestion after cardiac surgery increases the risk of acute kidney injury (AKI), a multifactorial condition influenced by fluid overload, right ventricular dysfunction, and systemic inflammation. The Venous Excess Ultrasound Score (VExUS) assesses venous congestion using ultrasound evaluation of the inferior vena cava (IVC) and hepatic and renal Doppler flow patterns. The aim was to evaluate the utility of VExUS in predicting AKI and postoperative complications in cardiac surgery patients at a university hospital in Uruguay in 2025.

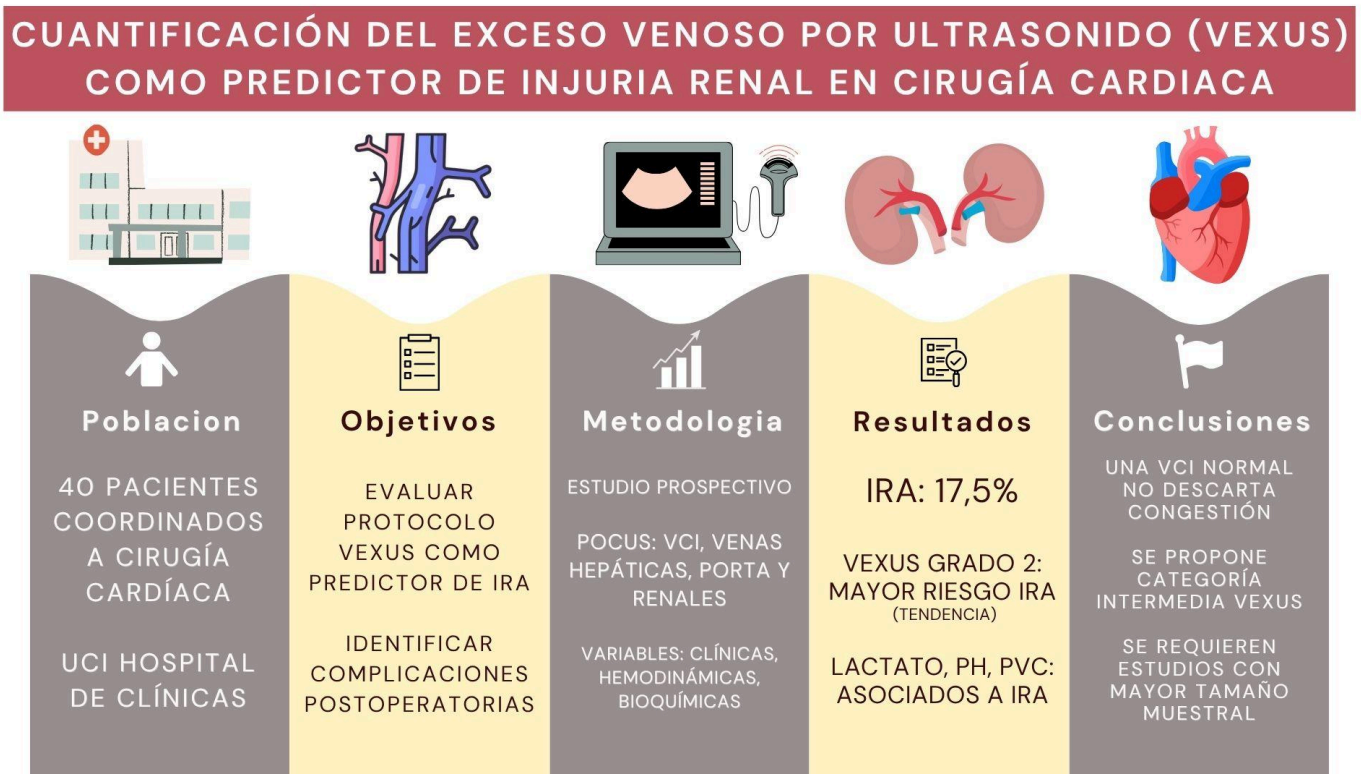
Methods: This was an observational, analytical, and prospective study conducted in adult patients undergoing elective cardiac surgery and admitted to an Intensive Care Unit. VExUS ultrasound was performed (pre- and postoperatively) as well as postoperative echocardiography. Clinical, hemodynamic, ultrasound, and biochemical variables were obtained from medical records. Descriptive analyses, comparative assessments of key variables (VExUS, AKI, lactate), and simple and multivariable logistic regression models (lactate, CVP, VIS, EuroSCORE II) were performed, with AKI as the dependent variable.

Results: 40 patients were included. The incidence of AKI was 17.5%. After surgery, an increase in the proportion of Doppler flow patterns indicating greater severity was observed. A trend toward higher AKI risk was noted in patients with moderate congestion compared with those without congestion. Among patients showing altered Doppler patterns despite a non-plethoric IVC, all AKI cases occurred in those with abnormal postoperative VExUS scores. Lactate, pH, and central venous pressure (CVP) were associated with AKI; lactate acted as a risk factor, while CVP appeared protective, although with inconsistent findings across other variables.

Conclusion: Limitations of the VExUS protocol related to the use of the IVC as an entry criterion were identified, and a new category is proposed. Larger studies are required to assess the validity of the proposed classification.

Key words: VExUS, cardiac surgery, acute kidney injury, systemic congestion, lactate.

Graphical abstract



Introducción

La administración de fluidos es la primera medida terapéutica en estados de shock asociados a cirugía cardiaca, sin embargo, existe evidencia de que la sobrecarga hídrica aumenta la morbi-mortalidad (1–4).

El desarrollo de congestión venosa e intersticial se ve favorecido en los pacientes sometidos a cirugía cardíaca por la posibilidad de interacción de múltiples factores: exceso de fluidos, falla ventricular derecha e hipertensión pulmonar. Además, cursan con un estado inflamatorio con disfunción endotelial y aumento de citoquinas inflamatorias que llevan a un incremento en la permeabilidad capilar, propiciando aún más el edema intersticial y la isquemia por aumento de distancia entre capilar y célula (5).

Órganos encapsulados como el riñón son más susceptibles al aumento de la presión venosa e intersticial, determinando una disminución y/o colapso del retorno venoso con reducción del gradiente de perfusión tisular e isquemia (1). Estas alteraciones favorecen el desarrollo de injuria renal aguda (IRA). Esta situación puede verse agravada por el aumento de la presión intraabdominal (2).

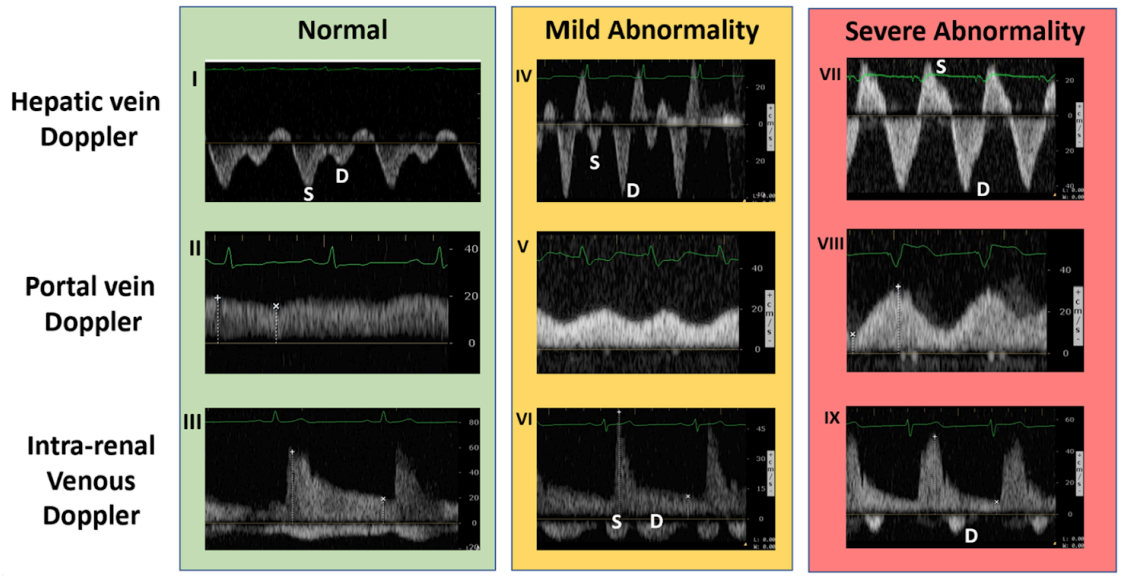
En la IRA se altera en forma brusca la capacidad de los riñones para eliminar productos de desecho y mantener el equilibrio hidroelectrolítico. La guía de práctica clínica KDIGO (6) define IRA en función del aumento de la creatinina sérica en el tiempo o del volumen de diuresis, estableciendo 3 niveles de gravedad. Las causas fisiopatológicas son múltiples, dividiéndose en IRA pre renal, parenquimatosa y obstructiva; y los mecanismos de daño incluyen isquemia, injuria por reperfusión, hemólisis, estrés oxidativo e inflamación. En pacientes postoperatorios de cirugía cardíaca se ha reportado una prevalencia de IRA alrededor de 30%, aumentando 5 veces más el riesgo de muerte durante la hospitalización. La probabilidad de desarrollarla se debe a factores de riesgo propios de cada paciente sumado a específicos de la anestesia, la cirugía (de urgencia, con circulación extracorpórea, tiempo de clampeo aórtico) y manejo del paciente en UCI (7).

La valoración del grado de congestión venosa y su repercusión en los distintos parénquimas es esencial para orientar adecuadamente el abordaje de estos pacientes. El examen físico (evaluación de edema periférico, distensión yugular, estertores), el balance hídrico y la variación de peso son ampliamente utilizados

pero tienen limitaciones significativas. Las manifestaciones clínicas suelen evidenciarse cuando existe una sobrecarga excesivamente aumentada y la ausencia de los signos no se correlaciona con la ausencia de congestión venosa sistémica (8). La medición de la presión venosa central (PVC) es una herramienta útil pero invasiva, e imprecisa en ciertos rangos para predecir la repercusión de la congestión venosa sobre el riñón (9).

El protocolo ¨Venous Excess Ultraso*und Score*¨ (VExUS) consiste en un sistema de clasificación por ultrasonido del exceso venoso e intersticial en distintos parénquimas. El mismo es una herramienta fácilmente reproducible y se basa en el uso del *"Point of Care Ultrasound"* (POCUS), que lo hace no invasivo y disponible al pie de la cama del paciente. Este protocolo comienza por medir el diámetro de la vena cava inferior (VCI). Luego, se utiliza ecografía con Doppler, que permite valorar patrones de flujo y en simultáneo se registra el ciclo cardíaco. La severidad de la alteración del flujo se evalúa según el patrón morfológico o variación de la velocidad. En el Doppler hepático, se considera una alteración moderada cuando la onda sistólica (S) es de menor amplitud que la diastólica (D) y severa si la onda S se invierte. En el Doppler portal, una variación de velocidad entre 30% y 50% durante el ciclo cardíaco indica compromiso moderado, y una variación igual o superior al 50%, compromiso severo. Para el Doppler venoso intrarrenal, un flujo discontinuo con fases S y D sugiere anormalidad moderada; si solo se detecta la fase D, se considera una alteración grave (Figura 1) (10).

Beaubien-Souligny et al. (10) diseñaron cinco prototipos (A-E) de clasificación del VExUS y analizaron la asociación entre los mismos y el desarrollo de IRA. Se concluyó que el VExUS C fue el único en presentar asociación significativa con el desarrollo de IRA en pacientes con congestión moderada y severa (*grado 2* y *3* respectivamente). Por ende, se utiliza únicamente el prototipo VExUS C como referencia (Figura 1) .



	VExUS A	VExUS B	VExUS C	VExUS D	VExUS E
Grade 0	IVC < 2 cm	IVC < 2 cm	IVC < 2 cm		
Grade 1	IVC ≥ 2 cm **Normal** patterns *(All three of : I, II, III)*	IVC ≥ 2 cm **Normal** patterns *(All three of : I, II, III)*	IVC ≥ 2 cm **Normal** patterns **or** **mild** abnormalitie(s) *(Any combination of : I, II, III, IV, V, VI)*	**Normal** patterns *(All three of : I, II, III)*	**Normal** patterns **or** **mild** abnormalitie(s) *(Any combination of : I, II, III, IV, V, VI)*
Grade 2: Mild congestion	IVC > 2 cm **Mild** abnormality in **at least one** pattern *(At least one of : IV, V, VI)*	IVC > 2 cm **Mild or severe** abnormality in **at least one** pattern *(At least one of : IV, V, VI, VII, VIII, IX)*	IVC > 2 cm **Severe** abnormalities in **at least one** pattern *(At least one of : VII, VIII, IX)*	**Mild or severe** abnormalities **in at least one** pattern *(At least one of : IV, V, VI, VII, VIII, IX)*	**Severe** abnormalities **in at least one** pattern *(At least one of : VII, VIII, IX)*
Grade 3: Severe congestion	IVC > 2 cm **Severe** abnormalities **in at least one** pattern *(At least one of : VII, VIII, IX)*	IVC > 2 cm **Mild or severe** abnormalities **in multiple** patterns *(At least two of : IV, V, VI, VII, VIII, IX)*	IVC > 2 cm **Severe** abnormalities **in multiple** patterns *(At least two of : VII, VIII, IX)*	**Mild or severe** abnormalities **in multiple** patterns *(At least two of : IV, V, VI, VII, VIII, IX)*	**Severe** abnormalities **in multiple** patterns *(At least two of : VII, VIII, IX)*

Figura 1. Clasificación del sistema VExUS (Venous Excess Ultrasound Score) para la evaluación de la congestión venosa mediante ecografía Doppler.
Se muestran patrones normales, anormalidades moderadas y severas en el Doppler de las venas hepática, portal e intrarrenal, con su correspondencia en la clasificación VExUS de *grado 0* a *3*. *Imagen extraída de: Beaubien-Souligny W, Benkreira A, Robillard P, et al. Quantifying systemic congestion with Point-Of-Care ultrasound: development of the venous excess ultrasound grading system. Crit Ultrasound J. 2020;12(1):16. doi:10.1186/s13089-020-00163-w.*

Un estudio prospectivo comparó el desempeño de la VCI por sí sola con respecto a VExUS para estimar la presión en la aurícula derecha (11). El mismo mostró que el diámetro máximo de la VCI presenta una moderada capacidad discriminativa, inferior al observado para el puntaje de VExUS. Esto implica que tomar en cuenta solamente la VCI puede llevar a infraestimar o sobreestimar la congestión. Por ejemplo si se utiliza solo la VCI y ésta es normal, podría descartarse equivocadamente la congestión ya que la misma por sí sola no

necesariamente informa sobre la magnitud completa del impacto hemodinámico en órganos diana (riñón, hígado, etc) y por ende de la congestión sistémica (12). Por otro lado, en el reporte de casos de Stassen et al. (13) también se mencionan las limitaciones del uso de la VCI como marcador único de congestión venosa sistémica, y propone evaluar este parámetro junto con Doppler de venas hepáticas, porta e intrarrenales. La VCI dilatada no siempre indica congestión aguda, la misma puede estar crónicamente dilatada en pacientes con disfunción del ventrículo derecho o con insuficiencia tricuspídea, por lo que su diámetro aislado puede dar falsos positivos para congestión sistémica. Por otro lado, la variabilidad respiratoria afecta su interpretación ya que la colapsabilidad o distensibilidad depende de si el paciente está recibiendo presión positiva; esto limita su uso como único predictor de congestión o de respuesta a fluidos (12).

VExUS se ha asociado al desarrollo de injuria renal aguda en pacientes sometidos a cirugía cardiaca (14,15). La falta de antecedentes en el medio respecto a la implementación sistemática del protocolo VExUS, limita la posibilidad de extrapolar los hallazgos internacionales a nuestra población, cuyas características clínicas pueden diferir.
Por lo anteriormente mencionado, resulta relevante evaluar la asociación de VExUS con el desarrollo de IRA a nivel local.

Objetivos

Objetivo general

- Analizar la utilidad de "Venous Excess Ultrasound Score" (VExUS) para predecir complicaciones en pacientes sometidos a cirugía cardíaca en un hospital universitario de Uruguay de junio a setiembre de 2025.

Objetivos específicos

- Evaluar la asociación del sistema de clasificación VExUS con el desarrollo de injuria renal aguda dentro de los 7 días del postoperatorio de cirugía cardiaca.
- Evaluar la asociación del grado de VExUS con las horas de UCI y duración de asistencia ventilatoria mecánica.
- Identificar si existe asociación entre el balance hídrico y el grado de VExUS.

Metodología

Se realizó un estudio epidemiológico unicéntrico, observacional, analítico, longitudinal, de cohorte prospectivo. Se incluyeron pacientes mayores de 18 años sometidos a cirugía cardíaca de coordinación con circulación extracorpórea, ingresados en el preoperatorio en el Centro Cardiovascular Universitario y en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital de Clínicas en el postoperatorio inmediato, durante el período entre junio y septiembre de 2025. El muestreo fue por conveniencia. Se excluyeron pacientes a quienes no se realizó el protocolo VExUS en el pre o postoperatorio.

Las variables que definieron el *outcome* fueron la IRA, el balance hídrico, las horas de estadía en UCI y la duración de la asistencia ventilatoria mecánica. *Grados de VExUS* fue definida según lo propuesto por Beaubien-Souligny et al. (10), con valores posibles del 0 al 3. La variable dicotómica *severidad de VExUS* fue creada a partir de los *grados de VExUS*, siendo *no alterado* VExUS grado 0 y *alterado* cualquiera de los restantes (*1, 2* y *3*).

Tomando en cuenta que la medición del diámetro de la VCI no presenta una correlación excelente con la congestión sistémica (13), se propuso un nuevo grado nombrado como "1.5" definido por la presencia de una VCI menor a 2 cm y patrones morfológicos moderados o severos en al menos dos parénquimas. A partir de esta nueva categoría se elaboró la variable *grados de VExUS con categoría 1.5 y severidad VExUS con categoría 1.5,* siguiendo el mismo criterio que para la clasificación original.

La IRA se definió como un aumento mayor o igual a 0.3 mg/dl de creatininemia en 48 horas o un aumento de 1.5 veces su valor basal en 7 días (6). La presencia de *acidemia* postoperatoria, se definió como un pH arterial menor a 7.36 y de *hiperlactatemia* postoperatoria, como un valor de lactato sérico superior a 3.0 mmol/L (16).

La ecografía VExUS y ecocardiografía fue realizada por cuatro médicos capacitados en esta técnica. El resultado final fue analizado y definido en conjunto por el mismo equipo de cuatro médicos expertos, con el fin de minimizar la variabilidad interobservador que podría presentar la ecografía. Se

analizó el protocolo VExUS realizado 24 horas previas y 24 horas posteriores al acto operatorio. La recolección del resto de variables se realizó mediante la revisión de historias clínicas.

Los datos se exportaron en planillas electrónicas al software JASP 0.19.3 (17).

Para las variables cuantitativas se evaluó la normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk y para evaluar el supuesto de homocedasticidad se utilizó la prueba de Levene. Las variables cuantitativas se resumieron con media y desvío estándar o mediana y rango; las cualitativas mediante frecuencia absoluta y relativa porcentual. Se presentaron en gráficos y tablas de frecuencias. La asociación entre variables cualitativas se evaluó mediante la prueba de chi-cuadrado o el test exacto de Fisher. Al encontrar asociación se calculó el odds ratio (OR). Entre las variables cualitativas dicotómicas y cuantitativas se empleó el test de t de student o U de Mann-Whitney, y en caso de más categorías, se usó ANOVA o el test de Kruskal-Wallis. En el caso en el que se encontraron diferencias, se utilizó la corrección de Bonferroni.

Se aplicaron modelos de regresión logística realizando análisis univariados tomando *IRA* como variable dependiente y *grado de VExUS, severidad de VExUS,* y otras relevantes como independientes. A su vez, aquellas variables que en la asociación con *IRA* presentaron un valor $p < 0.1$ o tienen relevancia clínica por su papel conceptual como variables de severidad clínica y potencial confusión fueron incluidas en un análisis multivariado como variables explicativas (*EUROSCORE II, VIS, PVC, lactato*). Para la selección del modelo de regresión lineal múltiple se aplicó el método de exclusión secuencial hacia atrás. En todos los casos el nivel de significación fue $\alpha = 0.05$ y un nivel de confianza de 95%.

Este estudio se realizó con previa aprobación del Comité de Ética del Hospital de Clínicas.

Resultados

Características de la población

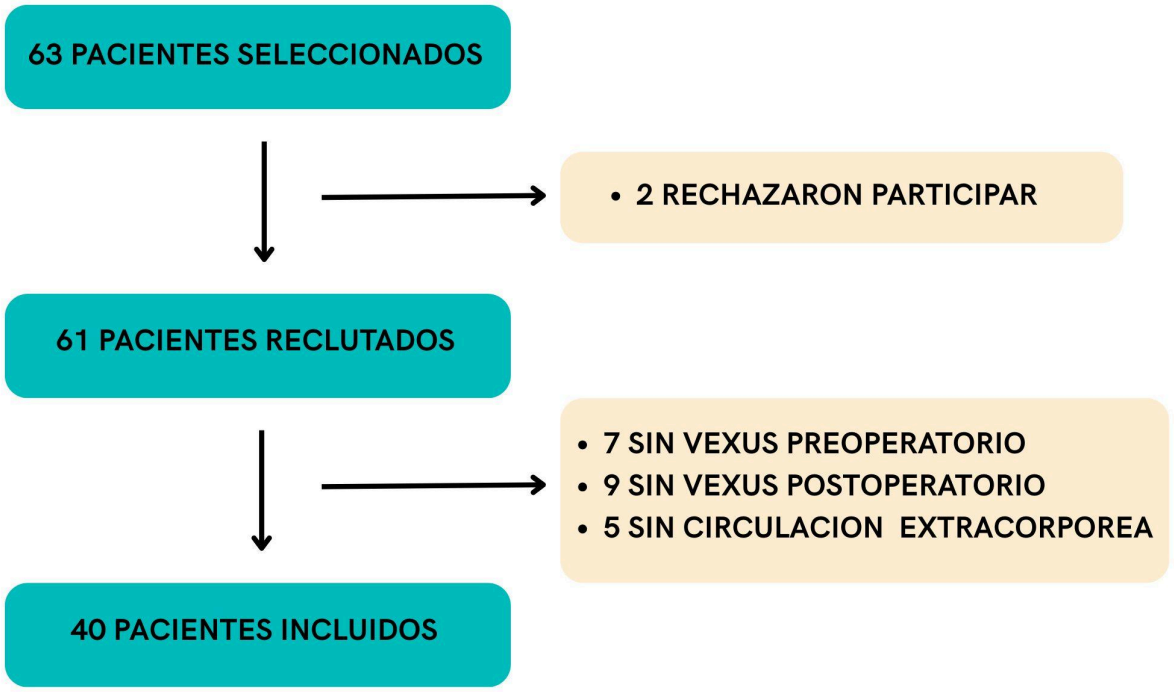


Figura 2. Diagrama de flujo de pacientes estudiados.

Durante el período de estudio, se incluyeron 40 pacientes (Figura 2). Las características de la población y variables intraoperatorias y postoperatorias se resumen en la Tabla I y Tabla II.

En la Figura 3 se muestra la distribución de los *grados de VExUS* pre y post y de la misma manera la clasificación de *grados con la categoría 1.5*. En relación a los resultados del protocolo VExUS previo a la cirugía, ningún paciente tuvo grado moderado o severo. Como se muestra en la Figura 4, tras la intervención se observó un aumento en la proporción de patrones de flujo con mayor severidad, especialmente a nivel de las venas suprahepáticas.

Tabla I. Distribución de las características de la población y variables intraoperatorias según la presencia de IRA en el postoperatorio.

Variable (unidad)	Total (n = 40)	No IRA (n = 33)	IRA (n = 7)	valor *p*
Edad (años)	64.00 (60.00; 69.00)	65.00 (60.00; 69.00)	62.00 (57.50; 63.50)	0.087
Sexo (M)	26 (65.00%)	21 (70.00%)	5 (71.43%)	1.000
HTA	27 (67.50%)	24 (72.73%)	3 (42.86%)	0.187
DM	17 (42.50%)	16 (48.48%)	1 (14.29%)	0.205
EPOC	4 (10.00%)	3 (0.09%)	1 (14.29%)	0.552
Tabaquismo	15 (37.50%)	12 (36.36%)	3 (42.86%)	1.000
Dislipemia	13 (32.50%)	11 (33.33%)	2 (28.57%)	0.807
EUROSCORE II	1.88 (1.15; 2.53)	1.92 (1.21; 2.54)	1.82 (1.02; 2.06)	0.346
ERC	6 (15.00%)	5 (15.15%)	1 (14.29%)	0.954
IT severa	0 (0.00%)	-	-	-
HTP	3.00 (7.50%)	3.00 (0.09%)	0.00 (0.00%)	-
FEVI reducida	18 (45.00%)	15 (45.45%)	3 (42.86%)	1.000
CIR				
RVM	28 (70.00%)	23 (69.70%)	5 (71.43%)	0.580
Valvular	6 (15.00%)	4 (12.12%)	2 (28.57%)	
Mixto	3 (7.50%)	3 (0.90%)	0 (0.00%)	-
Otros†	3 (7.50%)	3 (0.90%)	0 (0.00%)	-
CEC (min)	100.50 (89.00; 113.50)	101.00 (89.0; 111.00)	92.00 (76.00; 116.50)	0.682
Clampeo (min)	62.50 (51.80; 74.30)	62.00 (52.00; 75.00)	63.00 (48.00; 70.50)	0.631

Las variables cualitativas se presentan con n (%) y las cuantitativas con mediana (Q1-Q3). †Otros tipos de cirugía: tumor cardíaco, cirugía de aorta torácica y otros.

Tabla II. Distribución de variables postoperatorias según la presencia de IRA en el postoperatorio.

Variable (unidad)	Total (n = 40)	No IRA (n = 33)	IRA (n = 7)	valor *p*
Balance Hídrico (l)	1.66 ± 1.84	1.68 ± 1.80	1.33 ± 1.58	0.899
VIS	6.00 (3.00; 12.00)	6.00 (2.15; 12.50)	6.00 (4.35; 10.70)	0.462
Horas ARM (h)	5.00 (3.00; 7.00)	5.00 (3.00; 6.00)	9.00 (4.00; 16.00)	0.215
Horas UCI (h)	48.00 (48.00; 72.00)	48.00 (48.00; 72.00)	48.00 (48.00; 60.00)	0.816
Días hospitalarios (días)	10.50 (7.00; 27.25)	11.00 (7.00; 27.00)	8.00 (7.5; 22)	0.986
PVC (mmHg)	9.00 (6.00; 13.00)	9.00 (7.00; 13.75)	6.00 (4.5; 8.5)	0.045
SVC (%)	65.42 ± 15.44	66.57 ± 15.63	58.94 ± 14.01	0.280
Lactato (mmol/L)	1.90 (1.40; 2.80)	1.80 (1.30; 2.80)	3.10 (2.05; 3.85)	0.030
Hiperlactatemia (mmol/L)	7 (18.91%)	4 (12.12%)	3 (42.86%)	0.068
pH	7.39 (7.36; 7.43)	7.40 (7.37; 7.43)	7.35 (7.35; 7.36)	0.045
Acidemia	9.00 (22.50%)	6.00 (18.18%)	3.00 (42.86%)	0.081

Bicarbonato (mEq/L))	23.65 (22.00; 25.00)	23.60 (22.50; 25.00)	24.00 (21.5; 25)	0.733
PP	4.00 (10.00%)	3.00 (9.09%)	1.00 (25%)	0.552
Oxemia (mmHg)	124.00 (106.00; 180.00)	124.00 (105.00; 198.00)	137.50 (117.5; 159.3)	0.762
PAM (mmHg)	78.00 (73.66; 86.50)	76.60 (73.24; 83.20)	86.00 (77.5; 99.65)	0.138
PPR (mmHg)	68.51 ± 12.5	69.51 ± 11.95	80.84 ± 13.99	0.080

Las variables cuantitativas se presentan con mediana (Q1-Q3) excepto BH, SVC y PPR que se presentan con media ± DE. Las variables cualitativas se presentan con n (%).

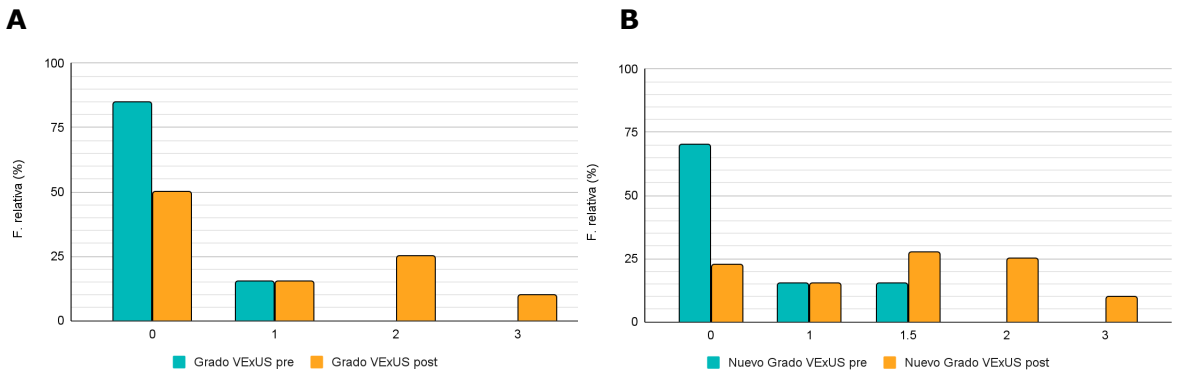


Figura 3. *Grados de VExUS* pre y postoperatorio: (**A**) *Grados de VExUS* (**B**) *Grados de VExUS con categoría 1.5.*

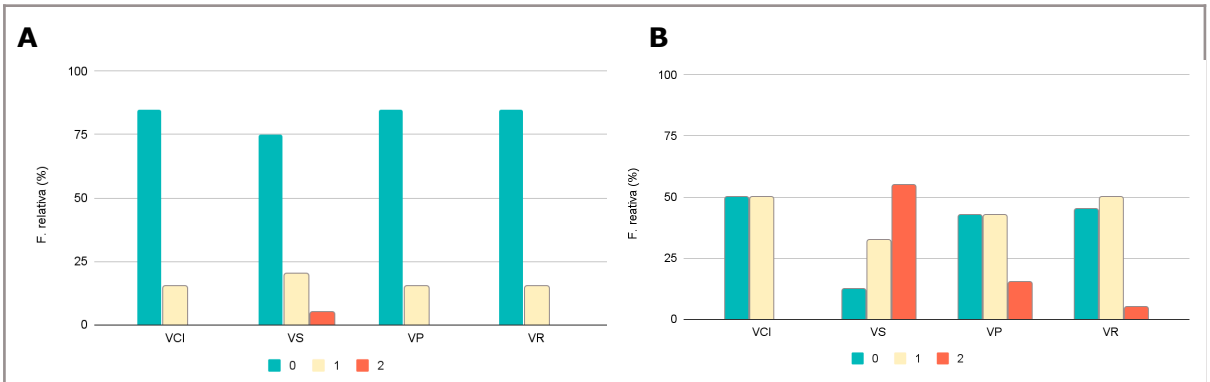


Figura 4. Severidad de los patrones de flujo de los lechos vasculares que componen el protocolo VExUS: (**A**) preoperatorio (**B**) postoperatorio.

En cuanto a la distribución de la *severidad de VExUS*, 6 pacientes (15%) tuvieron un VExUS alterado previo a la cirugía, y 20 (50%) en el postoperatorio. Utilizando la variable de *severidad* que tiene en cuenta el *grado 1.5*, los resultados fueron 12 (30%) y 31 (77.5%) respectivamente. Se buscó la asociación entre variables poblaciones, intra y postoperatorias y la *severidad del VExUS* post sin encontrarse asociación estadísticamente significativa (Tabla III).

Tabla III. Distribución de características de la población y variables postoperatorias según la severidad de VExUS en el postoperatorio.

Variables	No alterado (n = 20)	Alterado (n = 20)	valor p
Edad (años)	65 (57.25; 69.50)	64 (61.50; 68.25)	0.892
Sexo Masculino	12 (60.00%)	14 (70.00%)	0.507
HTA (mmHg)	13 (65.00%)	14 (70.00%)	0.736
DM	7 (35.00%)	10 (50.00%)	0.337
Tabaquismo	8 (4.00%)	7 (35.00%)	0.744
Dislipemia	7 (35.00%)	6 (30.00%)	0.736
EUROSCORE II	1.91 (1.01; 2.61)	1.88 (1.35; 2.46)	0.892
ERC	2 (10.00%)	4 (20.00%)	0.661
Balance Hídrico (L)	2.22 (1.25; 3.10)	1.41 (0.33; 1.78)	0.146
VIS	6 (1.20; 12.00)	6 (3.00; 12.90)	0.516
Horas ARM (h)	5 (3.75; 6.25)	4.00 (3.00; 12.25)	0.743
Horas UCI (h)	48 (48.00; 72.00)	48.00 (44.00; 72.00)	0.471
Días Hospitalarios (días)	12.50 (7.00; 27.25)	8.50 (7.00; 22.75)	0.838
PVC (mmHg)	9.00 (7.00;12.5)	7.50 (6.00; 12.75)	0.541
Presión Positiva	1 (5.00%)	3 (15.00%)	0.605
PAM (mmHg)	79.50 (73.75; 92.83)	77.00 (73.88; 82.00)	0.339

Las variables cuantitativas se presentan con mediana (Q1-Q3). Las variables cualitativas se presentan con n (%).

En el transcurso del postoperatorio, 7 pacientes (17.5%) desarrollaron IRA. De estos, seis fueron KDIGO 1 y uno KDIGO 2. Ninguno requirió terapia de reemplazo renal. Considerando la clasificación con la *categoría 1.5* ningún paciente con VExUS normal o levemente anormal desarrolló IRA (Tabla IV).

Tabla IV. Distribución de los *grados de VExUS y grados de VExUS con categoría 1.5* según IRA.

Variable	Total (n = 40)	No IRA (n = 33)	IRA (n = 7)
Grados de VExUS			
0	20 (50.00%)	17 (51.50%)	3 (42.86%)
1	6 (15.00%)	6 (18.20%)	0 (0.00%)
2	10 (25.00%)	7 (21.20%)	3 (42.86%)
3	4 (10.00%)	3 (9.10%)	1 (14.29%)
Grados de VExUS con categoría 1.5			
0	9 (22.50%)	9 (27.30%)	0 (0.00%)
1	6 (15.00%)	6 (18.20%)	0 (0.00%)
1.5	11 (27.50%)	8 (24.20%)	3 (42.86%)
2	10 (25.00%)	7 (21.20%)	3 (42.86%)
3	4 (10.0%)	3 (9.10%)	1 (14.29%)

Resultados se presentan con n (%).

Tomando en cuenta la agrupación de los *grados de VExUS* en alterado o no (*severidad de VExUS*), de los que desarrollaron IRA, 4 (57%) pacientes tenían VExUS alterado, mientras que con la clasificación de *severidad* que incluye la *categoría 1.5*, todos los pacientes con IRA presentaban VExUS alterado.

Se evaluó la distribución de variables clínicamente relevantes según los *grados de VExUS con categoría 1.5* (Tabla V). Se demostró que la media del lactato sérico postoperatorio a las 24 horas difería según el grado, evidenciándose diferencia significativa entre el *grado 1* y *3* (p = 0.035).

Tabla V. Distribución de variables con relevancia clínica según *grados de VExUS* considerando *categoría 1.5.*

Variable (unidad)	Grado 0 (n = 9)	Grado 1 (n = 6)	Grado 1.5 (n = 11)	Grado 2 (n = 10)	Grado 3 (n = 4)	*valor p*
Edad	68 (58.00; 71.00)	60 (54.00; 62.25)	64 (57.00; 68.50)	64 (63.25; 68.00)	66 (64.50; 69.00)	0.431
ESII (%)	1.58 (0.91; 2.80)	2.19 (1.55; 2.93)	1.99 (1.49; 2.53)	1.84 (1.55; 2.11)	1.75 (1.10; 3.80)	0.920
BH (l)	2.52 ± 2.47	5.73 ± 1.27	1.73 ± 1.55	1.99 ± 1.44	1.38 ± 1.49	0.140
PVC (mmHg)	9.63 ± 4.14	7.00 ± 2.35	10.00 ± 3.95	9.78 ± 4.71	11.00 ± 4.76	0.636
FDVI	10.64 ± 4.01	7.38 ± 2.28	9.59 ± 3.83	9.61 ± 3.35	15.25 ± 8.65	0.093
Lactato (mmol/L)	2.19 ± 0.87	1.23 ± 0.34	2.39 ± 1.08	2.32 ± 0.96	3.13 ± 1.12	0.045*
pH	7.39 ± 0.04	7.42 ± 0.07	7.39 ± 0.04	7.35 ± 0.13	7.41 ± 0.05	0.477
SVC (%)	59.84 ± 16.39	76.70 ± 11.25	66.13 ± 20.44	68.30 ± 10.97	56.83 ± 14.61	0.321
Hb (mg/dL)	9.08 ± 1.06	8.98 ± 1.04	8.95 ± 1.24	9.09 ± 0.61	10.55 ± 1.76	0.160
PaO_2 (mmHg)	116.50 (108.30; 186.50)	145.00 (138.00; 198.00)	121.000 (104.00; 166.00)	138.00 (122.00; 166.00)	88.00 (84.00; 101.50)	0.553

Las variables cuantitativas se presentan como media ± DE y mediana (Q1-Q3). *Test de Bonferroni arrojó diferencias entre VExUS Grado 1 y Grado 3 (p = 0.035).

Predicción de injuria renal aguda

En cuanto al primer objetivo específico, se evaluó la capacidad del protocolo VExUS, junto con otras variables explicativas, para predecir el desarrollo de IRA (Tabla VI). Se halló una tendencia de 2.4 más chances de presentar IRA teniendo un grado 2 respecto a un grado 0.

Tabla VI. Modelos con injuria renal aguda postoperatoria como variable dependiente mediante regresión logística.

	Modelo univariado		Modelo multivariado†	
Variable	OR (IC95%)	valor p	OR (IC95%)	valor p
Grado de VExUS				
1	4.90×10^{-8} (0 - ∞)	0.995		
2	2.43 (0.39 - 15.09)	0.341		
3	1.89 (0.14 - 24.79)	0.628		
Severidad VExUS	1.42 (0.27 - 7.34)	0.678		
Hiperlactatemia	6.75 (1.00 - 45.77)	0.051		
Lactato	2.61 (1.05 - 6.49)	0.039	4.55 (1.29 - 16.13)	0.019
Acidemia	6.50 (0.88 - 47.90)	0.066		
EUROSCORE II	0.59 (0.23 - 1.52)	0.277		
VIS	1.05 (0.94 - 1.17)	0.378		
PVC	0.77 (0.57 - 1.03)	0.081	0.64 (0.44 - 0.94)	0.023

OR: Odds ratio. IC95%: Intervalo de confianza al 95%. †Modelos univariados: *Grado de VExUS* (R^2 = 0.138); *Hiperlactatemia postoperatoria* (R^2 = 0.163); *Lactato postoperatorio* (R^2 = 0.211); *Severidad VExUS* (R^2 = 0.007); *EUROSCORE II* (R^2 = 0.065); *VIS* (R^2 = 0.031); *PVC* (R^2 = 0.172). †Modelo multivariado: (R^2 = 0.333) ajustado por EUROSCORE II (*p* = 0.124) y VIS (p = 0.488).

Se buscaron asociaciones entre variables postoperatorias y la hiperlactatemia (Tabla VII). De los que tuvieron hiperlactatemia postoperatoria, 6 (85.7 %) recibieron vasopresores y la mitad de estos desarrolló IRA.

Tabla VII. Distribución de variables postoperatorias según hiperlactatemia.

Variable	No hiperlactatemia (n = 30)	Hiperlactatemia (n = 7)	valor p
IRA	3 (10.00%)	3 (42.86%)	0.068
Grados de VExUS			-
0	15 (50.00%)	3 (42.86%)	
1	6 (20.00%)	0 (0.00%)	
2	7 (23.33%)	2 (28.57%)	
3	2 (6.67%)	2 (28.57%)	
Severidad	15 (50.00%)	4 (57.14%)	1.000
Grados de VExUS con categoría 1.5			-
0	7 (23.33%)	1 (14.29%)	
1	6 (20.00%)	0 (0.00%)	
1.5	8 (26.67%)	2 (28.57%)	
2	7 (23.33%)	2 (28.57%)	
3	2 (6.67%)	2 (28.57%)	
Severidad con 1.5	23 (76.67%)	6 (85.71%)	1.000
SVC	66.88 ± 15.84	60.90 ± 15.46	0.384
Hb	9.05 (8.50; 9.85)	9.00 (8.70; 9.65)	0.771
PaO_2	122.00 (106.75; 147.25)	161.50 (113.50; 205.00)	0.398
VIS	6.00 (3.00; 12.00)	12.00 (3.20; 14.80)	0.210
PAM	78.00 (74.00–83.80)	78.00 (73.30–88.35)	0.985
PPR	72.25 ± 12.44	67.90 ± 13.22	0.440
PVC	9.04 ± 3.90	12.00 ± 4.62	0.094
FDVI	9.00 (7.00; 11.75)	9.00 (7.00; 10.50)	0.709

Las variables cualitativas se presentan como n (%) y las cuantitativas como media ± DE o mediana (Q1-Q3).

Asociación entre horas de asistencia respiratoria mecánica, horas de hospitalización en UCI y grado de VExUS

Tanto la mediana de las horas de ARM como la de las horas de hospitalización en UCI no difirieron respecto al grado de VExUS post (ARM: $p = 0.949$) (HUCI: $p = 0.204$) (Figura 5).

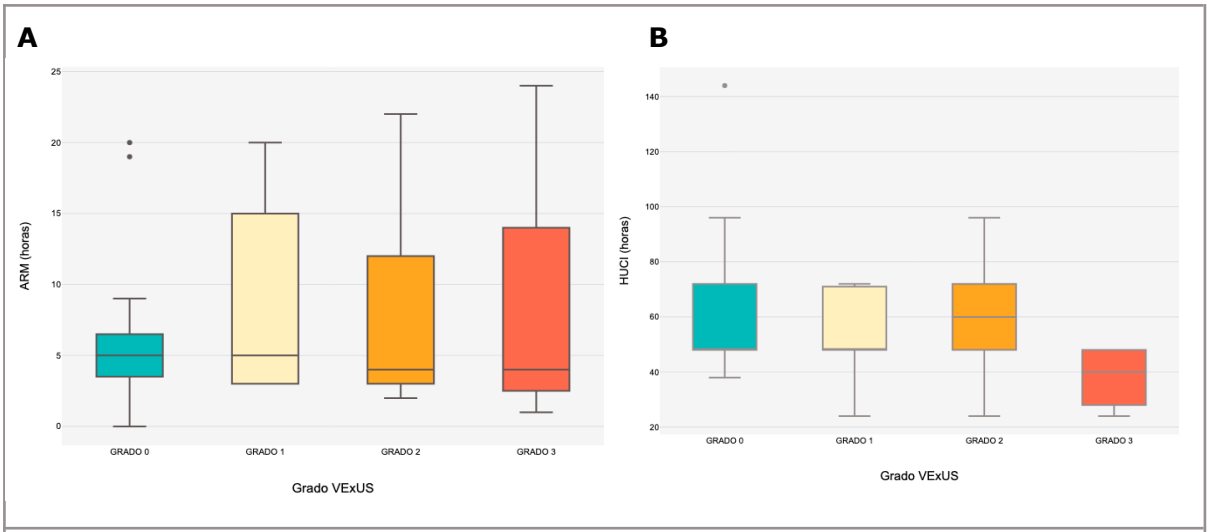


Figura 5. Diagrama de caja de la distribución de (A) horas de asistencia respiratoria mecánica y (B) horas de estadía en UCI según *grados de VExUS*.

Asociación entre balance hídrico y grado de VExUS

No se encontraron diferencias entre las medias del balance hídrico según el *grado de VExUS* post (p = 0.112) y tampoco según el *grado de VExUS* considerando la *categoría 1.5* (p = 0.140).

Discusión

A la luz del conocimiento actual, la presente investigación es la primera que valora la utilidad del protocolo VExUS en nuestro medio.

Se identificó una prevalencia de injuria renal aguda de 17.5% en el postoperatorio de cirugía cardíaca, valor ligeramente inferior al reportado en la literatura internacional, y particularmente al del estudio de Beaubien-Souligny et al. (33.8%) (7). Esta diferencia podría atribuirse al tamaño muestral reducido, a que todas las cirugías incluidas fueron coordinadas y a un adecuado manejo de la hemodinamia perioperatoria. Una mayor prevalencia de IRA se asocia a cirugías de urgencia y a la coexistencia de comorbilidades cardiovasculares severas, entre otros factores (18). Además, en nuestro centro el protocolo VExUS forma parte del manejo clínico, lo que podría haber favorecido una detección y corrección precoz de la sobrecarga hídrica, diferenciando nuestro escenario de otros estudios donde la técnica se aplicó únicamente con fines de investigación.

VExUS e injuria renal aguda:

En cuanto a la utilidad del protocolo VExUS para predecir el desarrollo de IRA, se observó la siguiente tendencia: las chances de padecer IRA teniendo un VExUS *grado 2* fueron 2.4 veces mayores que teniendo *grado 0* con el análisis univariado aunque sin alcanzar significación estadística. Esta tendencia podría explicarse por el hecho de que la congestión venosa sistémica aumenta la presión intersticial renal, reduce el gradiente de perfusión y favorece la hipoxia tisular (19). La falta de evidencia estadística podría deberse al bajo número de casos con IRA, lo que limita la extrapolación de este estudio. Es posible que, con un tamaño muestral mayor, esta relación adquiera significancia.

Un hallazgo relevante de este estudio fue la observación de 11 pacientes con al menos dos patrones de flujo alterados de forma moderada o severa pese a tener una VCI no pletórica. El protocolo VExUS tiene como criterio de ingreso, un diámetro de la VCI > 2 cm, discontinuando con el análisis de la congestión venosa de no cumplirse este requisito y asignándoles un *grado 0* (10). Este criterio limita la ventaja que introdujo el carácter multiparamétrico del protocolo

al contemplar distintos patrones de flujo para definir la congestión sistémica (20). Además, la medida del diámetro de la VCI es un parámetro estático, mientras que utilizar la ecografía Doppler en las venas suprahepáticas, porta e intrarrenales ofrece información dinámica sobre la transmisión retrógrada de la presión venosa y la repercusión en los distintos parénquimas. Estas limitaciones ya han sido abordadas por otros autores; Stassen et al. (13) describen con una serie de casos la debilidad de la VCI como estimador de la PVC o congestión sistémica. A su vez Jambeih et al. (21), buscaron la asociación entre distintos marcadores indirectos de congestión venosa y el desarrollo de IRA, y la VCI no resultó significativa, no habiendo alteraciones consistentes secundarias a la administración de fluidos. Asimismo, Li et al. (22) muestran que el VExUS se relaciona poco con los parámetros dinámicos de congestión que debería reflejar y, por el contrario, se asocia fuertemente con la VCI. Este hallazgo sugiere que el protocolo está demasiado influenciado por la VCI, respaldando lo señalado previamente. Esto, en línea con los hallazgos de este estudio, sustenta la propuesta de una nueva categoría intermedia (*grado 1.5*), que permitiría captar situaciones de congestión parenquimatosa que quedarían excluidas del sistema original. El hecho de que los pacientes no se encontraran bajo ventilación mecánica refuerza la validez de estos hallazgos.

Considerando la nueva categoría *grado 1.5*, todos los pacientes que desarrollaron IRA presentaron VExUS alterado, lo que sugiere que la revisión del protocolo podría aumentar su sensibilidad diagnóstica. Este hallazgo respalda la necesidad de seguir explorando en futuras investigaciones el valor de integrar esta categoría.

Lactato postoperatorio:

Con el fin del mejor manejo precoz y adecuado de la congestión sistémica del paciente postoperatorio de cirugía cardíaca, el estudio de Hakim MZ et al. (23) apoya no solo a que se utilicen elementos ecográficos sino también marcadores bioquímicos a las 24 horas postoperatorias como el lactato sérico.

En la cohorte del presente estudio se observó una asociación significativa entre el lactato y el pH postoperatorio con el desarrollo de IRA. Los valores elevados de lactato pueden indicar hipoperfusión periférica, lo cual es coherente con la

disminución de la saturación venosa central (SVC), sin diferencias significativas entre los grupos de VExUS (Tabla V). Esta refleja una mayor extracción de oxígeno por los tejidos como consecuencia de una reducción de la disponibilidad de oxígeno. Esto puede deberse a una disminución del gasto cardíaco (por caída de la precarga y/o contractilidad) y/o reducción del contenido arterial de oxígeno (anemia e insuficiencia respiratoria) (23). En los casos analizados, los valores de hemoglobina y de presión arterial de oxígeno se mantuvieron dentro de lo esperado para pacientes postoperatorios de cirugía cardíaca y sin diferencias significativas entre los que tenían hiperlactatemia y los que no (Tabla VII). En relación a lo expuesto en la Tabla V, los valores de lactato fueron mayores en el grado más alto de VExUS con respecto al resto, siendo esta diferencia estadísticamente significativa (p = 0.045). A su vez, en este grupo se encontró una tendencia a mayores presiones de llenado del ventrículo izquierdo y derecho. Aunque el gasto cardíaco no fue valorado directamente, se presentaron valores de lactato más elevados en presencia de aumentos de presiones de llenado (como elementos de disfunción diastólica). A partir de esto se podría inferir a una reducción del gasto cardíaco secundario a la reducción de la contractilidad y no a la reducción de la precarga (hipovolemia).

Dentro de otras causas de hiperlactatemia, podrían encontrarse insuficiencia hepática, hiperglucemia, vasoplejía, respuesta inflamatoria o metabólica posoperatoria e hiperadrenergia (24). En esta muestra, no se observaron diferencias en la presencia de hiperlactatemia según la administración de vasopresores. En cuanto a los parámetros de función hepática y la glucemia, si bien no estaban dentro de las variables objetivos, se midieron y no se encontraron diferencias significativas entre los grupos.

Presión venosa central e injuria renal aguda:

La PVC y el protocolo VExUS son herramientas utilizadas para estimar la congestión sistémica. Se halló que la media de la PVC fue mayor en los que no presentaron IRA, aunque su valor en el grupo con IRA se encontró en el límite superior de la normalidad. Sin embargo, tanto la presión arterial media como la presión de perfusión renal (PPR) presentaron valores superiores en el grupo con IRA y al analizar el score de VIS y balance hídrico, estos no difieren entre los grupos (Tabla II). Estos hallazgos alejan la posibilidad de que la presencia de

valores inferiores de PVC en los pacientes que desarrollaron IRA sean secundarios a un estado de precarga dependencia o hipovolemia. Hubiera sido de utilidad contar con la medición del volumen sistólico mediante ecocardiografía, para discernir con mayor precisión estos mecanismos.

La presencia de valores menores de PVC y su asociación con el desarrollo de IRA contrasta con el resultado de que todos los pacientes que presentaron IRA tuvieron un VExUS alterado considerando la nueva clasificación propuesta.

En cuanto a la distribución de la PVC respecto a la *severidad de VExUS*, no hubo diferencias significativas entre ambos grupos, estando las medias por encima del límite superior de la normalidad. A su vez no se observan diferencias entre los valores de PVC y los diferentes *grados de VExUS*, si bien el *grado 3* mostró una tendencia a valores más elevados de PVC (Tabla V). Estos hallazgos apoyan la imprecisión de la PVC en los valores intermedios y que su rendimiento se optimice en los valores extremos superiores e inferiores (9).

Finalmente cuando se analizó la distribución de la PVC de la población en función de la presencia de hiperlactatemia, estos presentaron también una tendencia a mayor valor de PVC.

Estos resultados pueden reflejar la debilidad de la PVC como variable estática para predecir IRA. Otros factores que pueden influir en esta discordancia son el tamaño muestral pequeño y la baja prevalencia de eventos (IRA).

Horas de estadía en Unidad de Cuidados Intensivos y asistencia respiratoria mecánica:

Con respecto a este hallazgo, la falta de evidencia de asociación entre horas de UCI y de ARM con *grados de VExUS* puede deberse a que las cirugías fueron de coordinación y no de urgencia, disminuyendo la gravedad de los pacientes. Por otro lado, la implementación del protocolo en el centro hospitalario como herramienta asistencial, puede haber optimizado el tratamiento, modificando las variables.

Balance hídrico:

En cuanto a la falta de evidencia de asociación entre el balance hídrico y el *grado de VExUS*, vale destacar ciertas debilidades al momento de su medición. Una de ellas puede deberse a que su cálculo no fue a partir del peso diario del paciente, y el registro de los ingresos, tanto parenteral como enteral, en la historia clínica puede no haber sido exacto. En especial los ingresos por vía enteral debido a las pocas horas de asistencia respiratoria mecánica que presentaban los pacientes y la rápida restitución de la vía oral, siendo inexacto el registro.

Fortalezas y limitaciones

Se destacan como fortalezas del estudio la aplicación sistemática del protocolo VExUS, el diseño de cohorte prospectivo, la estandarización de las mediciones por un equipo entrenado y la sugerencia de incorporación de una nueva categoría que aporta valor clínico potencial. Entre las limitaciones, deben mencionarse el tamaño muestral reducido junto con el bajo número de eventos y la corta duración del estudio. También se destaca la no realización de estimaciones no invasivas del gasto cardiaco mediante ecocardiografía, que hubieran permitido un análisis hemodinámico más integral y profundo de los hallazgos del estudio y las discordancias anteriormente mencionadas.

Conclusiones y perspectivas

Los resultados de este estudio sugieren que la congestión venosa evaluada mediante el protocolo VExUS podría asociarse con el desarrollo de injuria renal aguda en el postoperatorio de cirugía cardíaca. Se propone la utilidad de considerar la incorporación de una nueva categoría (VExUS 1.5) que complemente la evaluación clásica y permita identificar alteraciones de flujo incluso cuando el diámetro de la vena cava inferior no se encuentre aumentado. Estos hallazgos deben explorarse en estudios posteriores con un mayor número de pacientes.

El lactato sérico se asoció independientemente con injuria renal aguda. Esto destaca la relevancia de integrar los hallazgos ecográficos con marcadores metabólicos, favoreciendo una valoración más completa del riesgo postoperatorio.

La PVC arrojó resultados discordantes que se alinean con la evidencia de ser un marcador poco preciso de la congestión sistémica en ciertos rangos, no obstante estos resultados también pueden deberse al pequeño tamaño muestral.

No se encontró asociación entre los *grados de VExUS* con el balance hídrico, horas de UCI y asistencia respiratoria mecánica.

En cuanto a las perspectivas para próximos estudios, resulta relevante indagar en la capacidad del protocolo VExUS para predecir daños por congestión en otros parénquimas como el hígado. En la misma línea, sería importante incorporar la medición de parámetros que reflejen el gasto cardíaco, como a través de la ecocardiografía.

Finalmente sería de utilidad incluir en el análisis si durante las primeras 48 horas de estadía en UCI el equipo médico utilizó el protocolo VExUS como parte del manejo hemodinámico del paciente; al igual que incluir postoperatorios de urgencia.

Referencias bibliográficas

1. Claure-Del Granado R, Mehta RL. Fluid overload in the ICU: evaluation and management. BMC Nephrol. diciembre de 2016;17(1):109.

2. Huang ACC, Lee TYT, Ko MC, Huang CH, Wang TY, Lin TY, et al. Fluid balance correlates with clinical course of multiple organ dysfunction syndrome and mortality in patients with septic shock. Kou YR, editor. PLOS ONE. 2 de diciembre de 2019;14(12):e0225423.

3. Malbrain MLNG, Marik PE, Witters I, Cordemans C, Kirkpatrick AW, Roberts DJ, et al. Fluid overload, de-resuscitation, and outcomes in critically ill or injured patients: a systematic review with suggestions for clinical practice. Anestezjol Intensywna Ter. 28 de noviembre de 2014;46(5):361-80.

4. Silva JM, De Oliveira AMR, Nogueira FAM, Vianna PMM, Pereira Filho MC, Dias LF, et al. The effect of excess fluid balance on the mortality rate of surgical patients: a multicenter prospective study. Crit Care. 10 de diciembre de 2013;17(6):R288.

5. Koratala A, Reisinger N. Venous Excess Doppler Ultrasound for the Nephrologist: Pearls and Pitfalls. Kidney Med. julio de 2022;4(7):100482.

6. KDIGO Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. Kidney Int Suppl. marzo de 2012;2(1):1.

7. Beaubien-Souligny W, Benkreira A, Robillard P, Bouabdallaoui N, Chassé M, Desjardins G, et al. Alterations in Portal Vein Flow and Intrarenal Venous Flow Are Associated With Acute Kidney Injury After Cardiac Surgery: A Prospective Observational Cohort Study. J Am Heart Assoc. 2 de octubre de 2018;7(19):e009961.

8. Torino C, Gargani L, Sicari R, Letachowicz K, Ekart R, Fliser D, et al. The Agreement between Auscultation and Lung Ultrasound in Hemodialysis Patients: The LUST Study. Clin J Am Soc Nephrol. noviembre de 2016;11(11):2005-11.

9. De Backer D, Vincent JL. Should we measure the central venous pressure to guide fluid management? Ten answers to 10 questions. Crit Care. diciembre de 2018;22(1):43.

10. Beaubien-Souligny W, Rola P, Haycock K, Bouchard J, Lamarche Y, Spiegel R, et al. Quantifying systemic congestion with Point-Of-Care ultrasound: development of the venous excess ultrasound grading system. Ultrasound J. diciembre de 2020;12(1):16.

11. Longino A, Martin K, Leyba K, Siegel G, Gill E, Douglas IS, et al. Correlation between the VExUS score and right atrial pressure: a pilot prospective observational study. Crit Care. 26 de mayo de 2023;27(1):205.

12. Di Nicolò P, Tavazzi G, Nannoni L, Corradi F. Inferior Vena Cava Ultrasonography for Volume Status Evaluation: An Intriguing Promise Never Fulfilled. J Clin Med. 13 de marzo de 2023;12(6):2217.

13. Stassen J, Falter M, Herbots L, Timmermans P, Dendale P, Verwerft J. Assessment of Venous Congestion Using Vascular Ultrasound. JACC Cardiovasc Imaging. marzo de 2023;16(3):426-31.

14. Sovetova S, Charaya K, Erdniev T, Shchekochikhin D, Bogdanova A, Panov S, et al. Venous Excess Ultrasound Score Is Associated with Worsening Renal Function and Reduced Natriuretic Response in Patients with Acute Heart Failure. J Clin Med. 21 de octubre de 2024;13(20):6272.

15. Beaubien-Souligny W, Benkreira A, Robillard P, Bouabdallaoui N, Chassé M, Desjardins G, et al. Alterations in Portal Vein Flow and Intrarenal Venous Flow Are Associated With Acute Kidney Injury After Cardiac Surgery: A Prospective Observational Cohort Study. J Am Heart Assoc. 2 de octubre de 2018;7(19):e009961.

16. Kikuchi K, Kazuma S, Masuda Y. A Rapid Increase in Serum Lactate Levels after Cardiovascular Surgery Is Associated with Postoperative Serious Adverse Events: A Single Center Retrospective Study. Diagn 2075-4418. 15 de septiembre de 2024;14(18):2082.

17. JASP Team. JASP (Version 0.19.3) [Internet]. Amsterdam, The Netherlands: University of Amsterdam; 2025. Disponible en: https://jasp-stats.org/

18. Vellinga S, Verbrugghe W. identification of modifiable risk factors for acute kidney injury after cardiac surgery.

19. Pécora M. Predicción de respuesta a fluidos [Internet]. Montevideo; 2024. Disponible en: https://www.cti.hc.edu.uy/index.php/posgrado/semestres/ano-2024/cardiovascular

20. Li ZT, Huang DB, Zhao JF, Li H, Fu SQ, Wang W. Comparison of various surrogate markers for venous congestion in predicting acute kidney injury following cardiac surgery: A cohort study. J Crit Care. 1 de febrero de 2024;79:154441.

21. Jambeih R, Keddissi JI, Youness HA. IVC Measurements in Critically Ill Patients with Acute Renal Failure. Crit Care Res Pract. 2017;2017:1-6.

22. Li ZT, Huang DB, Zhao JF, Li H, Fu SQ, Wang W. Comparison of various surrogate markers for venous congestion in predicting acute kidney injury following cardiac surgery: A cohort study. J Crit Care. febrero de 2024;79:154441.

23. Hakim MZ, Tewarson V, Kumar S, Rahul K, Prabha R, Singh SK. Early Mortality in Cardiac Surgery - Is Lactate Significant? Braz J Cardiovasc Surg. 17 de octubre de 2024;e20230245(e20230245):e20230245.

24. Minton J, Sidebotham DA. Hyperlactatemia and Cardiac Surgery. J Extra Corpor Technol. marzo de 2017;49(1):7-15.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento hacia la Dra**.** Antonella Gómez, el Dr. Matias Pécora, la Dra. Sofía Pirez y el Dr. Joaquín Rodriguez por su acompañamiento, orientación y disposición durante el proceso de elaboración de esta monografía. Sus aportes fueron fundamentales para el desarrollo metodológico y la revisión crítica del trabajo.

Agradecemos a los equipos de salud del Hospital de Clínicas Dr. Manuel Quintela, especialmente al Centro de Tratamientos Intensivos (CTI) y todo su equipo, cuya apertura y compromiso hicieron posible la realización de esta investigación.

También agradecemos al equipo docente de la unidad curricular de Metodología Científica II por su asesoramiento y a la Universidad de la República por la posibilidad de nuestra formación. Finalmente, a nuestras familias y personas cercanas, por su apoyo constante.

Anexo

CONSENTIMIENTO INFORMADO

FORMULARIO DE ACEPTACIÓN PARA PARTICIPAR EN LA INVESTIGACIÓN – DOCUMENTO A FIRMAR

En el día de hoy _ _ / _ _ / _ _ _ _

……dejo constancia que he sido invitado a participar en la investigación "Cuantificación del exceso venoso por ultrasonido ("VExUS") como predictor de injuria renal, hepática y complicaciones en postoperatorio de cirugía cardiaca". Esta pretende recolectar datos de mi historia clínica y de las ecografías realizadas, y relacionarlos con el estado de salud. Entiendo que se me hará una ecografía abdominal y del corazón a las 24 horas previas y otra a las 24 horas posteriores a la cirugía. Entiendo que quizás no haya beneficios para mi persona y que no seré recompensado económicamente ni de otra manera. Autorizo al manejo de resultados de exámenes involucrados en este trabajo y de los datos clínicos que surgen de mi historia clínica. Se me ha proporcionado el nombre de un investigador que puede ser fácilmente contactado usando el nombre y la dirección de correo electrónico que se me ha dado de esa persona. He leído la información proporcionada o se me ha sido leída. He tenido la oportunidad de preguntar sobre ella y se me ha contestado satisfactoriamente las preguntas que he realizado.

Al firmar este consentimiento, acepto voluntariamente ser parte de esta investigación como participante y entiendo que tengo el derecho a retirarme de la investigación en cualquier momento sin que se me afecte en ninguna manera mi asistencia médica.

…….....	…….
Firma y aclaración del participante o tutor/familiar	Firma y aclaración del investigador