



Artículo original

Factores de riesgo de insuficiencia renal aguda en el posoperatorio de cirugía cardíaca

Ignacio M. Piaggio^{1,a}, Juan F. Furmento^{2,a}, Juan P. Costabel^{2,a}, Daniel Navia^{3,b}, Francisco A. Olivares^{4,a}, Alan Sigal^{2,a}, Mariano Vrancic^{3,b}, Fernando Piccinini^{3,b}, Leonardo A. Seoane^{2,a}Recibido: 27 de julio del 2025.
Aceptado: 09 de setiembre del 2025
En línea: 19 de setiembre del 2025

Filiación de los autores

¹ Instituto Cardiovascular de Buenos Aires (ICBA), Buenos Aires, Argentina.² Servicio de Cardiología Crítica, Departamento de Cardiología. Instituto Cardiovascular de Buenos Aires (ICBA), Buenos Aires, Argentina.³ Servicio de Cirugía cardiovascular, Instituto Cardiovascular de Buenos Aires (ICBA), Buenos Aires, Argentina.⁴ Servicio de Cardiología Clínica, ICBA Instituto cardiovascular de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.^a Médico cardiólogo^b Médico especialista en cirugía cardiovascular

Correspondencia

Ignacio Manuel Piaggio
Instituto Cardiovascular de Buenos Aires, Blanco Encalada 1543, CABA, CP 1428, Buenos Aires, Argentina.

Correo

ignaciopiaggio@outlook.com

Fuente de financiamiento

Autofinanciado.

Conflictos de interés

Ninguno.

Citar como

Piaggio IM, Furmento JF, Costabel JP, Navia D, Olivares FA, Sigal A, Vrancic M, Piccinini F, Seoane LA. Factores de riesgo de insuficiencia renal aguda en el posoperatorio de cirugía cardíaca. Arch Peru Cardiol Cir Cardiovasc. 2025;6(3). doi: 10.47487/apcyccv.v6i3.491.



Esta obra tiene una licencia de Creative Commons Atribución 4.0 Internacional

RESUMEN

Objetivos. Describir la frecuencia de insuficiencia renal aguda (IRA) posoperatoria en cirugía cardíaca y analizar los factores de riesgo para su desarrollo. **Materiales y métodos.** Se realizó un estudio de cohorte observacional y analítico, utilizando datos prospectivos de pacientes adultos sometidos a cirugía cardíaca entre 2003 y 2023 en un centro argentino de alta complejidad. La IRA se definió según criterios KDIGO. Los factores de riesgo se evaluaron mediante regresión logística. **Resultados.** Se analizaron 13 215 pacientes con una edad promedio de 64 años, predominando varones (75,7%). La frecuencia de IRA fue del 7,3%, con una mortalidad intrahospitalaria del 4,7%. Los factores de riesgo independientes incluyeron edad avanzada (OR: 1,05, $p < 0,001$), cirugía de urgencia (OR: 2,87, $p < 0,001$), circulación extracorpórea (OR: 1,41, $p < 0,001$) y comorbilidades como enfermedad pulmonar obstructiva crónica y anemia preoperatoria. Como factor protector se observó el estado asintomático previo a la cirugía. **Conclusiones.** La frecuencia de IRA posoperatoria es similar a los registros internacionales. Los principales factores predictores de riesgo fueron la edad, la electividad de la cirugía y el uso de bomba de circulación extracorpórea. La identificación de factores de riesgo permite mejorar la prevención y manejo perioperatorio en cirugía cardíaca.

Palabras clave: Injuria Renal Aguda; Cirugía Cardíaca; Factores de Riesgo; Circulación Extracorpórea; Mortalidad (Fuente: DeCS-BIREME).

ABSTRACT

Risk factors for postoperative acute kidney injury after cardiac surgery

Objectives. To describe the frequency of postoperative acute kidney injury (AKI) following cardiac surgery and to analyse risk factors for its development. **Materials and methods.** We conducted an observational analytical cohort study using prospective data from adult patients who underwent cardiac surgery between 2003 and 2023 at a high-complexity centre in Argentina. AKI was defined according to KDIGO criteria. Risk factors were assessed using logistic regression. **Results.** A total of 13,215 patients were analysed, with a mean age of 64 years; most were men (75.7%). The frequency of AKI was 7.3%, with an in-hospital mortality of 4.7%. Independent risk factors included advanced age (OR: 1.05, $p < 0.001$), urgent surgery (OR: 2.87, $p < 0.001$), cardiopulmonary bypass (OR: 1.41, $p < 0.001$), and comorbidities such as chronic obstructive pulmonary disease and preoperative anaemia. Asymptomatic status prior to surgery was identified as a protective factor. **Conclusions.** The frequency of postoperative AKI is comparable to international registries. The main predictors of risk were age, surgical urgency, and use of cardiopulmonary bypass. Identifying risk factors can improve perioperative prevention and management in cardiac surgery.

Keywords: Acute Kidney Injury; Cardiac Surgery; Risk Factors; Extracorporeal Circulation; Mortality (Source: MeSH-NLM).

Introducción

La insuficiencia renal aguda (IRA) es una de las principales complicaciones en el posoperatorio de la cirugía cardíaca, asociándose con una mayor morbilidad, prolongación de la estancia hospitalaria y aumento de los costos sanitarios⁽¹⁻³⁾. De acuerdo con distintos reportes, la frecuencia de IRA posoperatoria (IRA-POP) alcanza del 20 al 30%, lo que subraya la importancia de una identificación temprana de los pacientes en riesgo^(4,5). El requerimiento de diálisis es menos frecuente, pero en estos pacientes la mortalidad aumenta notablemente, lo cual refleja la importancia de tomar medidas preoperatorias para prevenir el desarrollo de IRA⁽⁶⁾.

En Argentina, registros como CONAREC XVI describen la realidad de la cirugía cardíaca en el país, evidenciando que la frecuencia de IRA varía en función de factores institucionales y del acceso a estrategias de prevención. En este registro, se reporta una frecuencia total del 13,3%⁽⁷⁾. A su vez, datos más recientes de nuestro país del registro ARGENT-CCV reportan una tasa de IRA posoperatoria en cirugía de revascularización miocárdica (CRM) de hasta el 12,1%⁽⁸⁾.

El desarrollo de IRA en pacientes sometidos a cirugía cardíaca es un fenómeno que involucra factores preoperatorios, intraoperatorios y posoperatorios. A pesar de los avances en técnicas quirúrgicas y estrategias de protección renal, la incidencia de IRA posoperatoria sigue siendo significativa, sin encontrarse tratamientos específicos para prevenirla^(4,5,9). Sin embargo, existen diferentes estudios en desarrollo para determinar un tratamiento específico de prevención de IRA en el posoperatorio, actuando en la cascada antiinflamatoria, como por ejemplo, inhibiendo el sistema de complemento⁽¹⁰⁻¹²⁾.

El objetivo del estudio fue describir la frecuencia de IRA postoperatoria en cirugía cardíaca en un centro argentino de alta complejidad y analizar los factores de riesgo para dicha complicación, además de evaluar su impacto sobre la mortalidad intrahospitalaria y el requerimiento de hemodiálisis.

Materiales y métodos

Diseño del estudio

Se realizó un estudio de cohorte observacional y analítico, utilizando la base de datos prospectivamente completada del servicio de cirugía cardíaca del Instituto Cardiovascular de Buenos Aires (ICBA) entre noviembre de 2003 y marzo de 2023.

Población del estudio

Se incluyeron pacientes adultos (mayores o iguales a 18 años) consecutivos a los que se les realizó cirugía cardiovascular con o sin circulación extracorpórea (CEC). Se excluyeron pacientes con insuficiencia renal crónica (TFG <60 mL/min/1,73 m² >3 meses). Todos los pacientes eran adultos, por lo que no hubo exclusión por edad.

Variables y definiciones

Se recolectaron variables sociodemográficas (edad, sexo), clínicas (hipertensión, diabetes, dislipidemia, tabaquismo, infarto previo,

enfermedad pulmonar obstructiva crónica [EPOC], accidente cerebrovascular [ACV], anemia preoperatoria, insuficiencia cardíaca como presentación clínica, disfunción ventricular, estado asintomático) y quirúrgicas (urgencia, tipo de cirugía, uso de CEC, reoperación). La edad se expresó en años, como variable cuantitativa. El sexo y las variables clínicas se analizaron como variables categóricas dicotómicas. El tabaquismo se definió como paciente fumador, con consumo diario actualmente o durante los últimos 12 meses.

Se definió IRA posoperatoria con la clasificación de KDIGO, incluyendo estadio 2: creatinina plasmática > 2 veces el basal dentro de los 7 días posoperatorios, con oliguria (<0,5 mL/kg/h por más de doce horas); y estadio 3 de KDIGO: creatinina plasmática > 3 veces el basal o requerimiento de diálisis y oligoanuria (<0,3 mL/kg/h por más de 24 h o anuria por doce horas)⁽¹³⁾. La IRA se analizó como variable categórica dicotómica. Se definió anemia preoperatoria como una hemoglobina previa a la cirugía (dentro del mes) menor a 12 g/dL en mujeres y menor a 13 g/dL en hombres, también analizada como variable categórica dicotómica. La insuficiencia cardíaca como presentación clínica se definió como signos y síntomas de congestión (ortopnea, disnea paroxística nocturna, disnea en clase funcional II o más de la clasificación de NYHA, hepatomegalia, tercer ruido, edemas en miembros inferiores, rales crepitantes bibasales), confirmada con un ecocardiograma Doppler color con presencia de aumento de presiones de llenado. Los pacientes considerados asintomáticos eran aquellos que, en los últimos 3 meses previos a la cirugía, no presentaban disnea, ángor, palpitaciones, mareos, síncope, ni internaciones por insuficiencia cardíaca. La disfunción ventricular se definió como una fracción de eyección calculada por el método de Simpson biplano en el ecocardiograma Doppler menor o igual al 40%, evaluada como variable categórica dicotómica.

Análisis estadístico

Las variables cuantitativas fueron expresadas como media y desviación estándar, o mediana y rango intercuartílico, según su distribución, y las categóricas en porcentajes. Para evaluar la normalidad de los datos, se aplicó la prueba estadística de Kolmogorov-Smirnov. Se utilizó la prueba de chi cuadrado para las variables cualitativas y las pruebas T de Student o U de Mann-Whitney para las cuantitativas, según la distribución paramétrica o no.

Para evaluar asociaciones, se realizó inicialmente un análisis univariado, ajustando luego por variables de interés en modelos de regresión logística multivariada. Las variables seleccionadas para el análisis bivariado fueron aquellas clínicamente relevantes y asociadas al pronóstico en cirugía cardíaca, según la literatura y juicio clínico^(5,9). Aquellas que fueron estadísticamente significativas ($p < 0,05$) se utilizaron en el análisis multivariado. Se presentaron razones de odds (OR) e intervalos de confianza del 95% para las variables incluidas en los modelos. Se consideró un valor de $p < 0,05$ como estadísticamente significativo. Se utilizó para el análisis el programa SPSS 29.0.

Consideraciones éticas

El estudio cumple con la Declaración de Helsinki y fue aprobado por el Comité de Investigación clínica del ICBA y su comité de ética (CE4285). Todos los pacientes firmaron el consentimiento informado y la autorización de uso de datos.

Resultados

Del total de 15090 pacientes elegibles, se analizaron 13215 (fueron excluidos 1875 por insuficiencia renal crónica). La prueba de normalidad demostró que la edad seguía una distribución normal. La edad promedio fue de 64 años (DE 12), con una predominancia masculina del 75,7%. Las comorbilidades principales y la modalidad quirúrgica se presentan en la **Tabla 1**.

Se encontró que el 7,3% del total de los pacientes desarrolló insuficiencia renal aguda. La mortalidad intrahospitalaria fue del 4,7%. En los pacientes que desarrollaron IRA, la mortalidad fue del 22%, mientras que en aquellos que presentaron un posoperatorio sin falla renal, la mortalidad fue del 2,4% ($p < 0,05$). El 3,6% de los pacientes requirió diálisis.

Se realizó un análisis bivariado utilizando las variables principales con implicancia clínica y pronóstica en el posoperatorio de cirugía cardíaca (**Tabla 2**). Aquellas que eran

estadísticamente significativas en dicho análisis se utilizaron luego en el multivariado para determinar la asociación con el objetivo final primario.

El análisis multivariado de los factores de riesgo asociados a la IRA posoperatoria identificó varias variables con una asociación estadísticamente significativa. Como predictores preoperatorios se encontraron la edad (OR: 1,05; IC95% 1,04-1,06; $p < 0,001$), el antecedente de EPOC (OR: 1,33; IC95% 1,015-1,75; $p = 0,04$) y la anemia preoperatoria (OR: 1,36; IC95% 1,09-1,69; $p = 0,01$). Asimismo, la insuficiencia cardíaca como presentación clínica (OR: 1,85; IC95% 1,47-2,31; $p < 0,001$) y presentar disfunción ventricular se asociaron con un incremento del riesgo de IRA (OR: 1,50; IC95% 1,24-1,81; $p < 0,001$) (**Tabla 3**).

Entre los predictores quirúrgicos mencionamos la urgencia quirúrgica (OR: 2,87; IC95% 2,44-3,37; $p < 0,001$), y la utilización de circulación extracorpórea (OR: 1,41; IC95% 1,19-1,66; $p < 0,001$). Asimismo, como predictor posoperatorio se destaca la necesidad de reoperación (OR: 1,44; IC95% 1,10-1,88; $p = 0,01$). Por otro lado, como factor protector, se observó que los pacientes asintomáticos (definidos como aquellos pacientes que requirieron intervención quirúrgica sin presentar previamente síntomas asociados a su

Tabla 1. Características clínicas y demográficas de los pacientes estudiados

Características	Total n/%
Comorbilidades	
Edad, años (DE)	64 (12)
Sexo masculino	10002 (75,7)
HTA	8740 (66)
Diabetes	2677 (20,2)
Dislipemia	8077 (61)
Tabaquismo	6021 (45)
IAM previo	2918 (22)
EPOC	624 (4,7)
ACV	389 (2,9)
Anemia preoperatoria	933 (7,1)
Cuadro clínico	
Asintomáticos	1855 (14)
Insuficiencia cardíaca	815 (6,2)
Otras características	
Disfunción ventricular	1558 (11,8)
CEC	6463 (50,1)
Cirugía electiva	9205 (69,6)
Reoperación	413 (3,1)
Tipo de cirugía	-
Coronaria	6332 (47,9)
Valvular	3073 (23,2)
Combinada	1660 (12,6)

DE: desvío estándar. n: número. HTA: hipertensión arterial. IAM: infarto agudo de miocardio. EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica. ACV: accidente cerebrovascular. CEC: circulación extracorpórea.

Tabla 2. Factores de riesgo de insuficiencia renal aguda en el posoperatorio de cirugía cardíaca, análisis bivariado

Variables	OR [IC 95%]	P
Edad	1,05 [1,04-1,06]	<0,001
Mujer	0,98 [0,78-1,23]	0,888
Urgencia	2,85 [2,41-3,37]	<0,001
CEC	1,39 [1,16-1,66]	<0,001
Antecedente IAM	0,90 [0,74-1,11]	0,349
Antecedente ATC	1,08 [0,88-1,32]	0,444
Reoperación	1,41 [1,07-1,84]	0,013
EPOC	1,33 [1,01-1,75]	0,041
ACV	1,35 [0,97-1,87]	0,068
Anemia preoperatoria	1,35 [1,08-1,69]	0,007
HTA	0,93 [0,76-1,13]	0,496
Dislipemia	1,05 [0,88-1,26]	0,567
Tabaquismo	1,04 [0,89-1,21]	0,586
Diabetes	1,04 [0,88-1,24]	0,593
Asintomático	0,69 [0,52-0,91]	0,009
IAM	1,01 [0,75-1,35]	0,922
IC como presentación clínica	1,77 [1,41-2,23]	<0,001
BCIAo preoperatorio	1,18 [0,78-1,8]	0,424
Ritmo sinusal	0,83 [0,68-1,01]	0,074
Disfunción ventricular	1,51 [1,24-1,85]	<0,001

CEC: circulación extracorpórea. IAM: infarto agudo de miocardio. ATC: angioplastia transluminal coronaria. EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica. ACV: accidente cerebrovascular. HTA: hipertensión arterial. BCIAo: balón de contrapulsación aórtico.

Tabla 3. Factores de riesgo de insuficiencia renal aguda en el posoperatorio de cirugía cardíaca, análisis multivariado

Variables	OR [IC 95%]	P
Edad	1,05 [1,04-1,06]	< 0,001
Urgencia	2,87 [2,44-3,37]	< 0,001
CEC	1,41 [1,19-1,66]	< 0,001
Reoperación	1,44 [1,10-1,88]	0,01
EPOC	1,33 [1,015-1,75]	0,04
Anemia precirugía	1,36 [1,09-1,69]	0,01
Asintomático	0,68 [0,52-0,89]	0,01
IC como presentación clínica	1,85 [1,47-2,31]	< 0,001
Disfunción ventricular	1,50 [1,24-1,81]	< 0,001

*El análisis fue realizado con todas las variables de la Tabla 2.

CEC: circulación extracorpórea. EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica. IC: insuficiencia cardíaca.

patología de base) presentaron un menor riesgo de desarrollar IRA (OR: 0,68; IC95% 0,52- 0,89, $p = 0.01$) (**Tabla 3**).

Discusión

En nuestro estudio, la prevalencia de IRA fue relativamente baja (7,3%), detectando factores de riesgo prequirúrgicos como la edad avanzada, comorbilidades como EPOC o anemia, la disfunción ventricular y la presencia de insuficiencia cardíaca preoperatoria; factores intraoperatorios como el uso de CEC y la electividad de la cirugía; y factores posoperatorios como la necesidad de reoperación.

A diferencia de nuestro estudio, diferentes registros (entre ellos el de la American Heart Association, AHA) muestran que la incidencia de insuficiencia renal fue mayor, alcanzando el 20-30 %. Esta diferencia puede estar relacionada con que en nuestra serie, el 48% son CRM, realizadas sin CEC (siendo esta última un predictor independiente de IRA-POP) ^(4,14).

Si analizamos los datos respecto al registro de CONAREC (donde la prevalencia de IRA total reportada es del 13,3%), los resultados de nuestro trabajo muestran también una prevalencia significativamente más baja, y esto podría tener relación con ser un centro monovalente de alta complejidad y con un volumen que supera las 700 cirugías por año. Asimismo, la incidencia de insuficiencia renal en pacientes sometidos a CRM fue del 5,3%, observándose una diferencia respecto a los resultados presentados en el registro ARGENT-CCV, donde se reporta una incidencia del 12,5%. Esto también creemos que puede relacionarse con que el 50% de las CRM registradas en ARGENT-CCV fueron realizadas con el uso de CEC ⁽⁸⁾.

Está demostrado que la IRA en el posoperatorio de cirugía cardíaca aumenta la morbilidad: registros internacionales datan una mortalidad del 10 y 30% a corto y largo plazo, respectivamente, mientras que en nuestro estudio la mortalidad

en aquellos pacientes que desarrollaron IRA-POP alcanzó el 22% ⁽⁴⁾.

El desarrollo de IRA en pacientes sometidos a cirugía cardíaca es un fenómeno multifactorial y, entre los principales predictores de su aparición, se han identificado la edad avanzada, la presencia de comorbilidades como diabetes *mellitus* e hipertensión arterial, la enfermedad renal crónica y el uso de agentes nefrotóxicos. Además, eventos intraoperatorios como el tiempo de circulación extracorpórea, la hipotensión prolongada y el tipo de procedimiento quirúrgico desempeñan un papel clave en su patogénesis. Modelos de predicción como el EuroSCORE han sido desarrollados para estimar el riesgo de complicaciones posoperatorias, incluyendo la IRA ^(11,15-17).

Los resultados obtenidos en nuestro estudio son consistentes con la literatura previa que señala la importancia de la edad avanzada, la urgencia quirúrgica y la presencia de comorbilidades como factores de riesgo significativos para el desarrollo de IRA posoperatoria en cirugía cardíaca ^(5,10). La relación entre el uso de circulación extracorpórea y el riesgo de IRA ha sido ampliamente documentada, destacando la necesidad de estrategias de optimización perioperatoria para mitigar este efecto ⁽¹¹⁾.

El hallazgo de que la insuficiencia cardíaca y la disfunción ventricular aumentan el riesgo de IRA resalta la necesidad de un manejo perioperatorio más estricto en estos pacientes.

Recientemente, diversos estudios han destacado nuevas estrategias para la predicción, prevención y manejo de esta complicación, incluyendo el uso de biomarcadores emergentes como la cistatina C y la neutrophil gelatinase-associated lipocalin (NGAL) ⁽⁵⁾. Estas herramientas han mostrado potencial para mejorar la detección temprana y la estratificación del riesgo, aunque su implementación clínica aún requiere estudios adicionales.

La lesión renal aguda asociada a cirugía cardíaca tiene una fisiopatología compleja y multifactorial. Uno de los principales mecanismos implicados es la lesión por isquemia y reperusión que ocurre durante y después de la CEC. Esto genera inflamación, estrés oxidativo y muerte celular renal que llevarían, entre otras cosas, a la activación del complemento, lo que podría causar más daño secundario a las células renales ⁽¹⁸⁻²¹⁾.

En la actualidad, existen múltiples ensayos clínicos en desarrollo que apuntan a determinar un tratamiento que actúe sobre la cascada inflamatoria, como, por ejemplo, en la inhibición del receptor P2X9 o el sistema de complemento C5 a través del ravulizumab ⁽¹²⁾.

Por otro lado, existen ensayos que evidencian que la administración intravenosa de aminoácidos aumenta la perfusión renal y activa la reserva funcional renal, pudiendo reducir la incidencia de IRA en determinados pacientes ⁽²²⁾.

En paralelo, se han desarrollado nuevas estrategias de manejo perioperatorio que incluyen optimización hemodinámica, técnicas de preservación renal y modificación de la administración de fármacos nefrotóxicos. Estrategias dirigidas a mejorar la condición preoperatoria del paciente podrían contribuir a reducir la incidencia y el impacto de la IRA posoperatoria en cirugía cardíaca ⁽²³⁾.

Este estudio tiene algunas limitaciones a tener en cuenta. Primero, es un estudio observacional, con los sesgos propios que acarrea: sesgo de selección, sesgo de información y sesgo de confusión (debido a que pueden existir otras variables

no consideradas en el análisis, que puedan influir en el resultado). Para minimizar los errores sistemáticos, se realizó un diseño adecuado, con la utilización de regresión logística multivariada. Además, es unicéntrico, desarrollado en una institución cardiovascular de alta complejidad, por lo que no es representativo de la realidad en Argentina. Por último, se incluyeron distintos períodos, completando un total de 20 años, acompañado de la evolución que ha tenido la cirugía cardíaca a lo largo de estos años. Sin embargo, el manejo de la insuficiencia renal posoperatoria no ha cambiado de manera significativa, ni se han desarrollado terapias nuevas durante este período que hayan modificado el pronóstico de esta entidad clínica.

A pesar de esto, se debe continuar en la búsqueda de nuevas estrategias o terapias farmacológicas más específicas que resulten eficaces para reducir el desarrollo de lesión renal aguda en el postoperatorio de cirugía cardíaca.

En conclusión, la frecuencia de IRA en el posoperatorio de nuestra cohorte fue baja, siendo del 7,3%. Dentro de los predictores más comúnmente asociados de manera independiente a la IRA están la edad, CEC y la electividad de la cirugía. Este estudio reafirma la importancia de identificar factores de riesgo específicos y desarrollar estrategias personalizadas para prevenir la IRA en el posoperatorio de cirugía cardíaca. La implementación de nuevas herramientas diagnósticas y estrategias de manejo perioperatorio podría contribuir significativamente a mejorar los resultados clínicos en estos pacientes.

Contribuciones de autoría

IMP: conceptualización, investigación, escritura, visualización.

JFF, JPC, DN, FAO, JMV y FP: conceptualización, supervisión.

AS: conceptualización, supervisión, investigación, análisis formal.

LAS: conceptualización, supervisión, escritura, visualización, análisis formal.

Referencias bibliográficas

- Schurle A, Koyner JL. CSA-AKI: incidence, epidemiology, clinical outcomes, and economic impact. *J Clin Med*. 2021;10(24):5746. doi: 10.3390/jcm10245746.
- Hansen MK, Gammelager H, Jacobsen CJ, Hjortdal VE, Layton JB, Rasmussen BS, et al. Acute Kidney Injury and Long-term Risk of Cardiovascular Events After Cardiac Surgery: A Population-Based Cohort Study. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2015;29(3):617-25. doi: 10.1053/j.jvca.2014.08.020.
- Hobson C, Ozrazgat-Baslanti T, Kuxhausen A, Thottakkara P, Efron PA, Moore FA, et al. Cost and Mortality Associated With Postoperative Acute Kidney Injury. *Ann Surg*. 2015;261(6):1207-14. doi: 10.1097/SLA.0000000000000732.
- Hu J, Chen R, Liu S, Yu X, Zou J, Ding X. Global Incidence and Outcomes of Adult Patients With Acute Kidney Injury After Cardiac Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2016; 30(1):82-9. doi: 10.1053/j.jvca.2015.06.017.
- Cheruku SR, Raphael J, Neyra JA, Fox AA. Acute Kidney Injury after Cardiac Surgery: Prediction, Prevention, and Management. *Anesthesiology*. 2023;1;139(6):880-898. doi: 10.1097/ALN.0000000000004734.
- Hobson CE, Yavas S, Segal MS, Schold JD, Tribble CG, Layton AJ, et al. Acute kidney injury is associated with increased long-term mortality after cardiothoracic surgery. *Circulation*. 2009;119(18):2444-53. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.800011.
- Lowenstein Haber DM, Guardiani FM, Pieroni P, Pfister L, Carrizo L, Villegas ED, et al. Realidad de la cirugía cardíaca en la República Argentina: Registro CONAREC XVI. *Rev Argent Cardiol*. 2010;78(4):377-382.
- Alustiza W, Carli N, Romeo E, Ferrari J, Lescano A, Cáceres L, et al. Cirugía de revascularización miocárdica en Argentina. Subanálisis del Registro ARGENT-CCV. *Rev Argent Cardiol*. 2024;92(5):361-6. doi: 10.7775/rac.es.v92.i5.20825.
- Zhang H, Wang Z, Tang Y, Chen X, You D, Wu Y, et al. Prediction of acute kidney injury after cardiac surgery: model development using a Chinese electronic health record dataset. *J Transl Med*. 2022; 20(1):166. doi: 10.1186/s12967-022-03351-5.
- Jiang W, Xu J, Shen B, Wang C, Teng J, Ding X. Validation of Four Prediction Scores for Cardiac Surgery-Associated Acute Kidney Injury in Chinese Patients. *Braz J Cardiovasc Surg*. 2017;32(6):481-486. doi: 10.21470/1678-9741-2017-0116.
- Nashef SA, Roques F, Michel P, Gauducheau E, Lemeshow S, Salamon R. European system for cardiac operative risk evaluation (EuroSCORE). *Eur J Cardiothorac Surg*. 1999;16(1):9-13. doi: 10.1016/s1010-7940(99)00134-7.
- Ostermann M, Corteville DC, Doi K, Koyner JL, Lamy A, Li G, et al. A phase 3 study of ravulizumab to protect patients with chronic kidney disease from cardiac surgery-associated acute kidney injury and major adverse kidney events (ARTEMIS). *Trials*. 2025;26(1):181. doi: 10.1186/s13063-025-08895-7.
- Khawaja A. KDIGO Clinical Practice Guidelines for Acute Kidney Injury. *Nephron Clin Pract*. 2012;120(4):c179-84. doi: 10.1159/000339789.
- Benjamin EJ, Virani SS, Callaway CW, Chamberlain AM, Chang AR, Cheng S, et al. Heart disease and stroke statistics—2018 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*. 2018;137:e67-e492. doi: 10.1161/CIR.0000000000000573.
- Ortega-Loubon C, Fernández-Molina M, Pañeda-Delgado L, Jorge-Monjas P, Carrascal Y. Predictors of Postoperative Acute Kidney Injury after Coronary Artery Bypass Graft Surgery. *Braz J Cardiovasc Surg*. 2018;33(4):323-329. doi: 10.21470/1678-9741-2017-0251.
- Lamy A, Devereaux PJ, Prabhakaran D, Taggart DP, Hu S, Paolasso E, et al. CORONARY Investigators. Off-pump or on-pump coronary-artery bypass grafting at 30 days. *N Engl J Med*. 2012;366(16):1489-97. doi: 10.1056/NEJMoa1200388.
- Koshy SKG, Tharakan AK, George LK, Petroski GF, Gregory MH, Smith JB, et al. Comparative Effectiveness of On-Pump Versus Off-Pump Coronary Surgical Revascularization Related to Postoperative Acute Kidney Injury. *Am J Cardiol*. 2025;238:9-11. doi: 10.1016/j.amjcard.2024.11.016.
- Peng Q, Li K, Smyth LA, Xing G, Wang N, Meader L, et al. C3a and C5a promote renal ischemia-reperfusion injury. *J Am Soc Nephrol*. 2012;23(9):1474-85. doi: 10.1681/ASN.2011111072.
- Kamla CE, Meersch-Dini M, Palma LMP. Kidney Injury Following Cardiac Surgery: A Review of Our Current Understanding. *Am J Cardiovasc Drugs*. 2025;25(3):337-348. doi: 10.1007/s40256-024-00715-8.
- Kefalogianni R, Kamani F, Gaspar M, Aw TC, Donovan J, Laffan M, et al. Complement activation during cardiopulmonary bypass and association with clinical outcomes. *EJHaem*. 2022;3(1):86-96. doi: 10.1002/jha2.371.

21. Merle NS, Church SE, Fremeaux-Bacchi V, Roumenina LT. Complement System Part I - Molecular Mechanisms of Activation and Regulation. *Front Immunol.* 2015;6:262. doi: 10.3389/fimmu.2015.00262.
22. Landoni G, Monaco F, Ti LK, Baiardo Redaelli M, Bradic N, Comis M, *et al.* PROTECTION Study Group. A Randomized Trial of Intravenous Amino Acids for Kidney Protection. *N Engl J Med.* 2024;391(8):687-698. doi: 10.1056/NEJMoa2403769.
23. Pruna A, Monaco F, Asiller ÖÖ, Delrio S, Yavorovskiy A, Bellomo R, *et al.* How Would We Prevent Our Own Acute Kidney Injury After Cardiac Surgery? *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2025;39(5):1123-1134. doi: 10.1053/j.jvca.2025.01.019.