



CONSORCI
HOSPITAL GENERAL
UNIVERSITARI
VALÈNCIA



LESIÓN RENAL AGUDA EN CIRUGÍA CARDIACA

Dra Carmen Reina
Dra Mar Alonso (MIR3)

Servicio de Anestesia Reanimación y Tratamiento del Dolor
Consorcio Hospital General Universitario de Valencia

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 28 de Enero de 2025

Indice

- 1) Definición de IRA asociada a cirugía cardiaca
- 2) Epidemiología
- 3) Patogenia
- 4) Factores de riesgo
- 5) Prevención
- 6) Últimas líneas de investigación

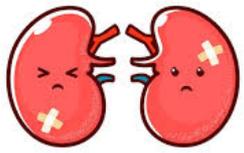


Definición de IRA asociada a C. Cardíaca



KDIGO		
Stage	Creatinine Criteria	Urine Output Criteria
Stage 1	SCr increase by 0.3 mg/dL within 48 hours OR SCr \geq 1.5–1.9 times baseline within 7 days	<0.5 mL/kg/h for \geq 6 h
Stage 2	SCr \geq 2.0–2.9 times baseline within 7 days	<0.5 mL/kg/h for \geq 12 h
Stage 3	SCr \geq 3 times baseline or increase by 0.5 mg/dL to \geq 4 mg/dL OR RRT Initiation	<0.3 mL/kg/h for 24 h OR Anuria for 12 h

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 28 de Enero de 2025



Epidemiología



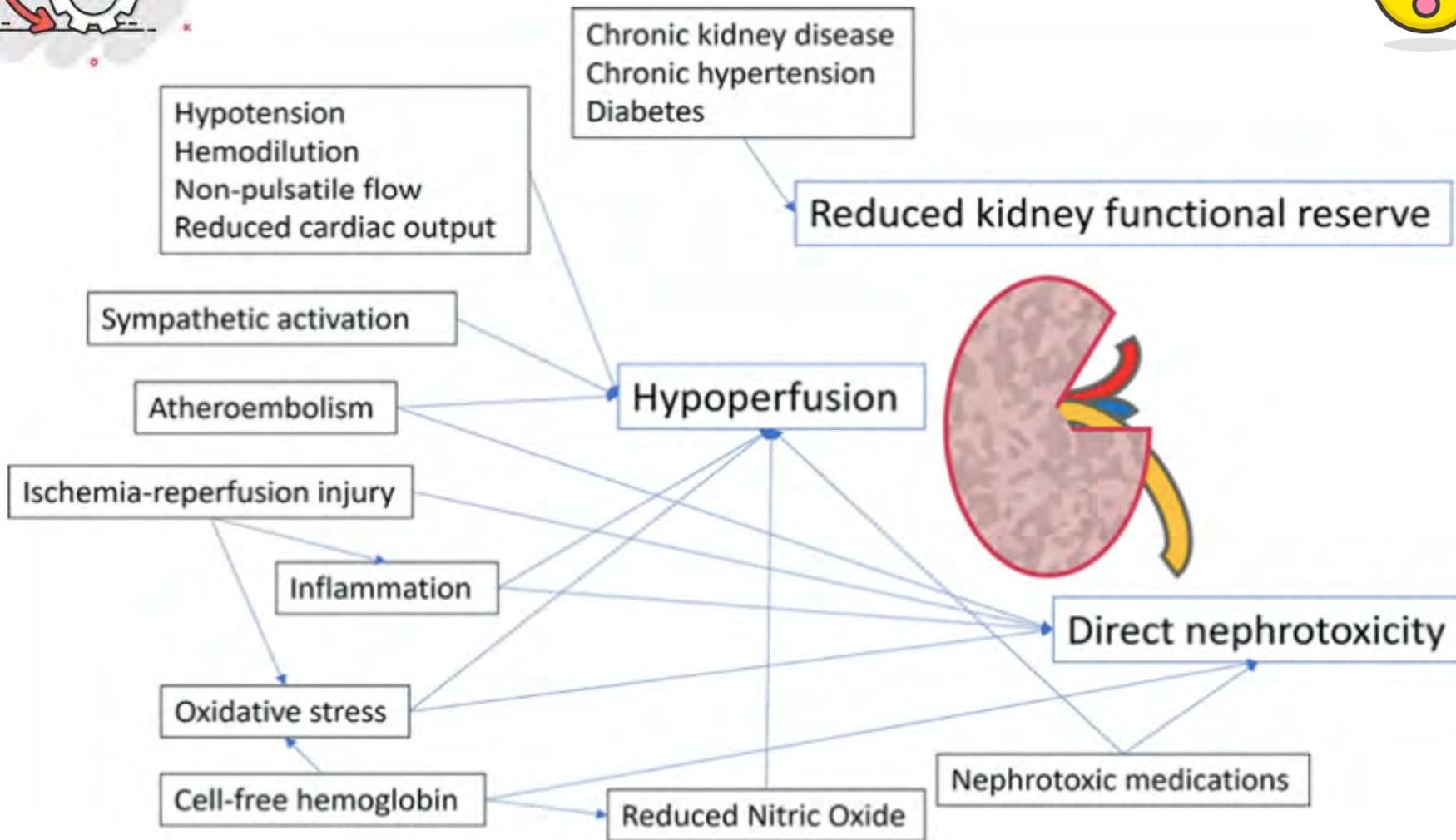
- METANÁLISIS 2006-2014 (n 10758) → IRA 22.1%

E1 - 17.9%
E2 - 4.4%
E3 - 3.5%
- Tipo de cirugía → Predictor independiente

- CABG + mitral
- S. mitral
- IRA → Duración significativamente mayor de la estadía en la UCI y en hospital
- Mortalidad intrahospitalaria 10.7% y a largo plazo del 30%

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 28 de Enero de 2025

Patogenia



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia 28 de Enero de 2025

Patogenia



Hipoperfusión
Eventos ateroembólicos
Exposición a nefrotoxinas
Inflamación
Estrés oxidativo



Menor aporte de oxígeno a los riñones en
relación con la demanda



Lesión tubular renal





Factores de riesgo preoperatorios



- ✓ Edad avanzada
- ✓ Sexo femenino
- ✓ IMC alto
- ✓ Proteinuria
- ✓ HTA
- ✓ Diabetes
- ✓ ERC
- ✓ EPOC
- ✓ Disfunción ventricular izquierda
- ✓ Anemia perioperatoria



Factores de riesgo intra y posoperatorios

- ✓ Duración de la derivación cardiopulmonar
- ✓ Anemia durante la derivación cardiopulmonar
- ✓ Transfusión de sangre
- ✓ Proteinuria posoperatoria temprana
- ✓ Niveles elevados de lactato sérico
- ✓ Uso de inotrópicos
- ✓ Reexploración después de la cirugía

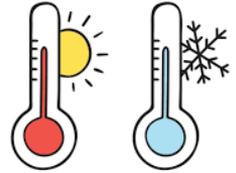




Biomarcadores relacionados con la IRA

Biomarker	Source	Pathophysiology	Utility in Cardiac Surgery
NGAL	Blood, Urine	Upregulated in the proximal tubules after ischemic or nephrotoxic injury to the kidneys	Early detection of AKI
CysC	Blood	Functional biomarker with decreased clearance in AKI	Early detection of AKI Unaffected by differences in muscle mass.
IL-18	Urine	Mediates ischemic and inflammatory kidney injury in the proximal tubules	Early detection of AKI
KIM-1	Urine	Rapidly expressed in proximal tubular cells after ischemic kidney injury	Early detection of AKI
[TIMP-2]*[IGFBP7]	Urine	Induces cell cycle arrest in renal tubular cells	Early detection of AKI Better sensitivity and specificity in predicting AKI.
CCL-14	Urine	Mediates inflammatory kidney injury in the proximal tubules	Predicts persistent AKI and the need for RRT and can be used as a marker for progression of AKI to CKD

Prevención de la IRA



1. Temperatura de recalentamiento en bypass cardiopulmonar

Randomized Controlled Trial > Ann Thorac Surg. 2009 Feb;87(2):489-95.
doi: 10.1016/j.athoracsur.2008.10.078.

Effects of mild hypothermia and rewarming on renal function after coronary artery bypass grafting

Munir Boodhwani¹, Fraser D Rubens, Denise Wozny, Howard J Nathan

Multicenter Study > Ann Thorac Surg. 2016 May;101(5):1655-62.
doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.01.086. Epub 2016 Mar 31.

Rewarming Temperature During Cardiopulmonary Bypass and Acute Kidney Injury: A Multicenter Analysis

Richard F Newland¹, Robert A Baker², Annette L Mazzone³, Steven S Quinn⁴,
Derek P Chew¹; Perfusion Downunder Collaboration

- Recalentamiento de **32°C a 37 °C = mayor incidencia de IRA vs a 34 °C + no efecto nefroprotector.**
- Duración de la **perfusión hipertérmica (> 37 °C) = predictor independiente IRA.**

Prevención de la IRA



2. Perfusión dirigida por objetivos

Tabla 2. Parámetros y características estándar de perfusión

IC 2,2-2,5 l/min/m² en normotermia

PAM 60-70 mmHg

Hto. > 23 % o Hb > 7,5 gr/dl

SvO₂ > 65 %

Valores de gasometría normales

Circuitos biocompatibles, minimizar hemodilución, ecografía transesofágica (ETE)

Prevención de la IRA



2. Perfusión dirigida por objetivos

Tabla 1. Comparación de parámetros convencionales de perfusión y GDP

Parámetros convencionales	Parámetros de GDP
SvO ₂ > 60–70%	Índice de suministro de oxígeno (DO _{2i} ; > 260-272 ml/min/m ²)
PvO ₂ > 40 mm Hg	Índice de consumo de oxígeno (VO ₂ ; < 60 ml/min/m ²)
pH = 7.35–7.45	Índice de producción de dióxido de carbono (VCO _{2i} ; < 60 ml/min/m ²)
pCO ₂ = 32–42 mm Hg	DO _{2i} / VCO _{2i} (> 5)
Índice cardíaco = 2.2–2.6 l / min / m ²	VO _{2i} / DO _{2i} (ER O ₂ ; < 0,25)
Lactato < 2.0 mmol / l	VCO _{2i} / VO _{2i} (cociente respiratorio; < 1)

Prevención de la IRA



2. Perfusión dirigida por objetivos

Transporte de oxígeno (Delivery O_2 – DO_2):

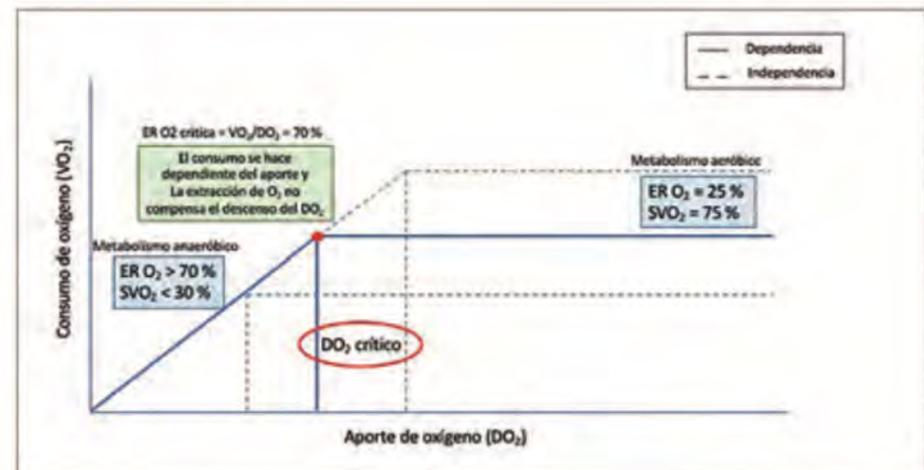
$$DO_2 = \text{Índice cardiaco (IC)} \times \text{Contenido arterial de } O_2 (\text{CaO}_2)$$

Contenido arterial de O_2 (CaO_2):

$$\text{CaO}_2 = \underbrace{\text{Concentración de Hb} \times \text{SaO}_2 \times 1,39}_{\text{Hb unida a oxígeno}} + \underbrace{\text{PaO}_2 \times 0,003}_{\text{oxígeno disuelto}}$$



Figura 4. DO_2 crítico



Prevención de la IRA



2. Perfusión dirigida por objetivos

Randomized Controlled Trial > J Thorac Cardiovasc Surg. 2018 Nov;156(5):1918-1927.e2.
doi: 10.1016/j.jtcvs.2018.04.045. Epub 2018 Apr 18.

Goal-directed perfusion to reduce acute kidney injury: A randomized trial

Marco Ranucci¹, Ian Johnson², Timothy Willcox³, Robert A Baker⁴, Christa Boer⁵,
Andreas Baumann⁶, George A Justison⁷, Filip de Somer⁸, Paul Exton⁹, Seema Agarwal²,

(n = 350)

DO2 > 280 ml/min/m2 → < IRA E1

Randomized Controlled Trial > J Thorac Cardiovasc Surg. 2023 Feb;165(2):750-760.e5.
doi: 10.1016/j.jtcvs.2021.03.032. Epub 2021 Mar 16.

Oxygen delivery-guided perfusion for the prevention of acute kidney injury: A randomized controlled trial

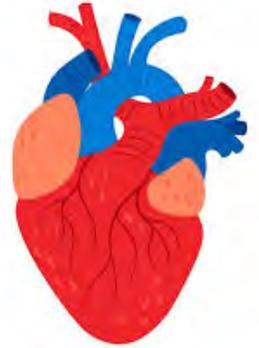
Hiroshi Mukaida¹, Satoshi Matsushita², Taira Yamamoto³, Yuki Minami⁴, Go Sato⁴,
Tohru Asai³, Atsushi Amano³

(n = 300)

DO2 > 300 ml/min/m2 → < IRA E1

Analisis de subgrupos → Estrategia fue **superior** en pz con **Hto bajo** y **menor ASC**

Prevención de la IRA



3. Vasopresores

- Se debe considerar el **uso de vasopresina** antes de usar norepinefrina para tratar la vasoplejia post CEC.

4. Hipotensión perioperatoria

- Necesidad de mayor investigación sobre el papel de la optimización de la presión arterial intraoperatoria para evitar la IRA.

Prevención de la IRA



5. Anemia y transfusión

Randomized Controlled Trial > J Cardiothorac Vasc Anesth. 2018 Feb;32(1):121-129.

doi: 10.1053/j.jvca.2017.10.036. Epub 2017 Nov 3.

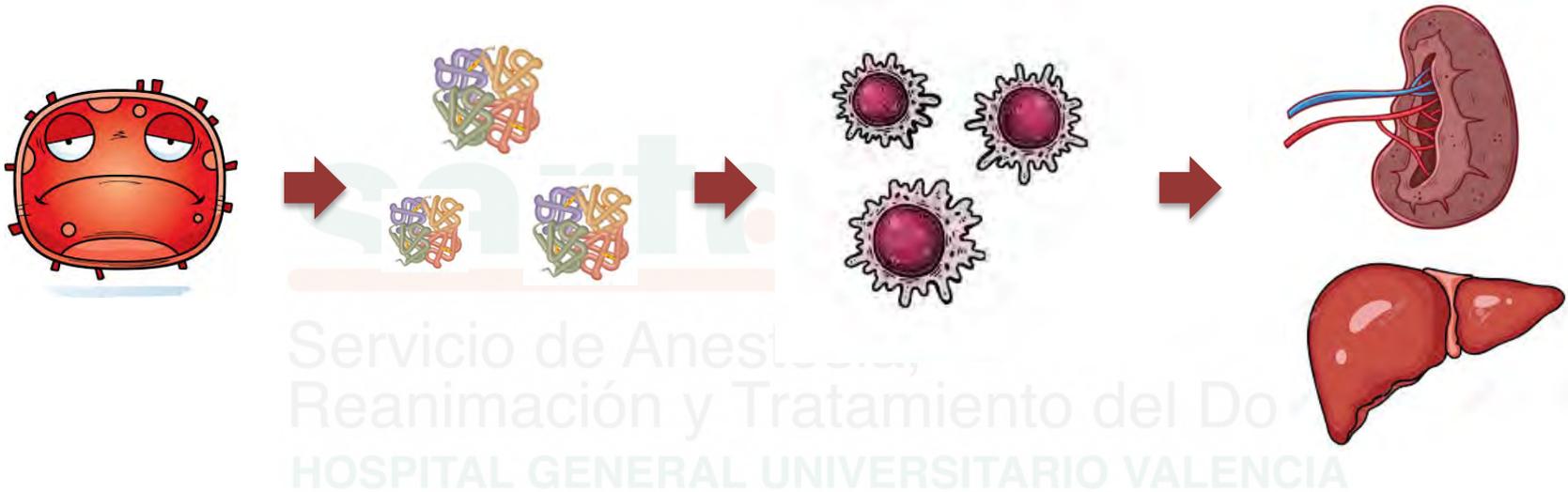
Transfusion Requirements in Cardiac Surgery III (TRICS III): Study Design of a Randomized Controlled Trial

Nadine Shehata ¹, Richard Whitlock ², Dean A Fergusson ³, Kevin E Thorpe ⁴,
Charlie MacAdams ⁵, Hilary P Grocott ⁶, Fraser Rubens ⁷, Stephen Frenes ⁸,

Manejo multimodal de la anemia preoperatoria con terapia oral con hierro, eritropoyetina, suplementación con vitamina B12 y folato.

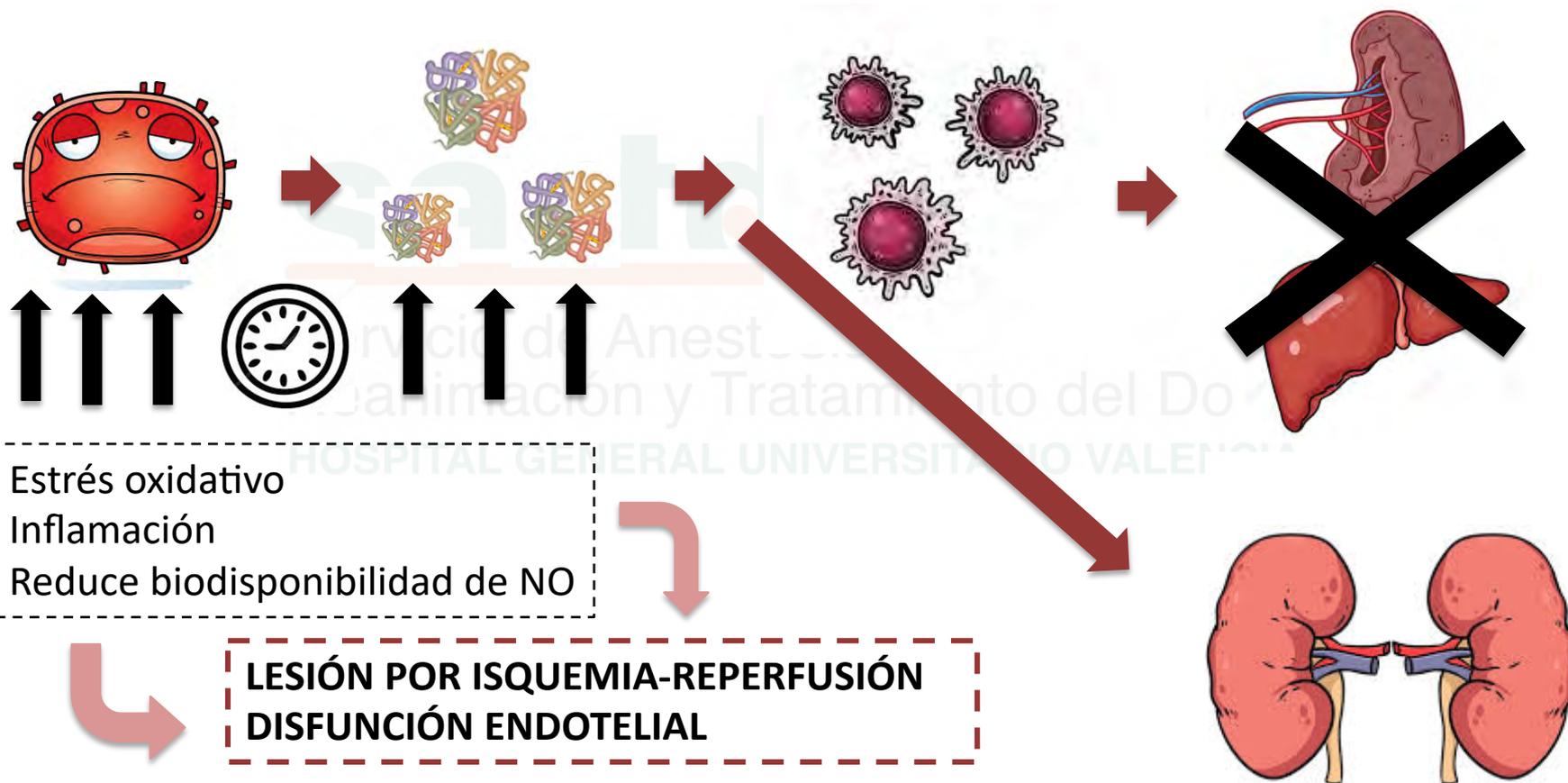
Prevención de la IRA

6. Hemólisis y eliminación de productor de hemólisis



Prevención de la IRA

6. Hemólisis y eliminación de productor de hemólisis



SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continua
Valencia 28 de Enero de 2025

Prevención de la IRA

6. Hemólisis y eliminación de productor de hemólisis

Cytosorb®



- Perlas de polímero no polar.
- Muy porosas y biocompatibles.
- Eliminan los mediadores inflamatorios mediante exclusión de tamaño y adsorción superficial no específica.
- **Capacidad limitada para eliminar hb libre.**

(~10–60 kDa)

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 28 de Enero de 2025

Prevención de la IRA



7. Fluidoterapia

- **Ringer lactato** se ha asociado con un **menor riesgo de IRA** vs SF 0.9%.
- Ringer vs Albúmina 4% → No diferencias significativas en la incidencia de IRA → Mayor incidencia de embolia pulmonar, síndrome pospericardiotomía, derrame pleural en UCI y reingresos.

Prevención de la IRA



8. Paquete de cuidados KDIGO

Randomized Controlled Trial > *Intensive Care Med.* 2017 Nov;43(11):1551-1561.

doi: 10.1007/s00134-016-4670-3. Epub 2017 Jan 21.

Prevention of cardiac surgery-associated AKI by implementing the KDIGO guidelines in high risk patients identified by biomarkers: the PrevAKI randomized controlled trial

- **Monitorización hemodinámica funcional**
- **Optimización hemodinámica** → Mantener la PAM > 65 y el IC > 2,5 L/min/m²
- **Medicación perioperatoria** → Interrumpir los IECA y ARAll durante las primeras 48 horas después de la cirugía.

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 28 de Enero de 2025

Prevención de la IRA



8. Paquete de cuidados KDIGO

- Medicación perioperatoria → Interrumpieron los IECA y ARAII durante las primeras 48 horas después de la cirugía.

Review > [BMJ Open. 2017 Apr 7;7\(4\):e012674. doi: 10.1136/bmjopen-2016-012674.](#)

What are the risks and benefits of temporarily discontinuing medications to prevent acute kidney injury? A systematic review and meta-analysis

[Penny Whiting](#) ^{1 2}, [Andrew Morden](#) ^{1 2}, [Laurie A Tomlinson](#) ^{3 4}, [Fergus Caskey](#) ^{2 3},

No encontró evidencia de que la interrupción del fármaco afectara la incidencia de IRA, citando una baja calidad de la evidencia GRADE

Prevención de la IRA



8. Paquete de cuidados KDIGO

Randomized Controlled Trial > Intensive Care Med. 2017 Nov;43(11):1551-1561.

doi: 10.1007/s00134-016-4670-3. Epub 2017 Jan 21.

Prevention of cardiac surgery-associated AKI by implementing the KDIGO guidelines in high risk patients identified by biomarkers: the PrevAKI randomized controlled trial

- **Monitorización hemodinámica funcional**
- **Optimización hemodinámica** → Mantener la PAM > 65 y el IC > 2,5 L/min/m²
- Medicación perioperatoria → Interrumpieron los IECA y ARAll durante las primeras 48 horas después de la cirugía.
- **Dobutamina reduce la IRA** asociada a cirugía cardiaca.

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 28 de Enero de 2025



TERAPIA DE REEMPLAZO RENAL



- **¿Cuándo empezar?** → El INICIO TEMPRANO en ausencia de indicaciones emergentes NO MEJORA significativamente los resultados de MORTALIDAD y se asocia con más episodios de HIPOTENSIÓN e HIPOFOSFATEMIA + mayor riesgo de ser dependientes de la terapia de reemplazo renal a los 90 días.

Fundamental controlar cuidadosamente la trayectoria clínica perioperatoria → Indicada cuando el control de iones y volumen es refractario al tratamiento médico.

- **¿Continua o intermitente?** → Ambas son opciones viables para los pacientes con IRA asociada a cirugía cardíaca → Elegir en función del contexto clínico.

Últimas novedades sobre prevención



OXIMETRÍA DE ORINA NO INVASIVA

2 PREMISAS:

- Pp de oxígeno en la orina = Pp de oxígeno en la médula renal.
- Monitorización a tiempo real de la perfusión renal.

Observational Study > [Nephrol Dial Transplant](#). 2018 Dec 1;33(12):2191-2201.

doi: 10.1093/ndt/gfy047.

Urinary hypoxia: an intraoperative marker of risk of cardiac surgery-associated acute kidney injury

- Pp O2 baja predijo IRA
- Duración y valor nadir = + probable

Clinical Trial > [Anesthesiology](#). 2021 Sep 1;135(3):406-418.

doi: 10.1097/ALN.0000000000003663.

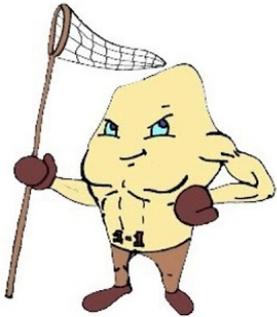
Noninvasive Urine Oxygen Monitoring and the Risk of Acute Kidney Injury in Cardiac Surgery

- Pp O2 post bypass se asocia con IRA

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 28 de Enero de 2025

Últimas novedades sobre prevención

ADMINISTRACIÓN DE HAPTOGLOBINA



HP 1-1

Observational Study > *Anesth Analg.* 2017 Jun;124(6):1771-1776.

doi: 10.1213/ANE.0000000000002093.

Haptoglobin Administration in Cardiovascular Surgery Patients: Its Association With the Risk of Postoperative Acute Kidney Injury

Administración **intraoperatoria** de **haptoglobina** humana en pacientes con macrohemoglobinuria durante CEC → **Incidencia reducida de IRA**



Últimas novedades sobre prevención

OXIDO NÍTRICO (NO)

HEMOLISIS INTRAVASCULAR → DEPLECIÓN DE NO EN PLASMA

> [Am J Respir Crit Care Med](#). 2018 Nov 15;198(10):1279-1287. doi: 10.1164/rccm.201710-2150OC.

Nitric Oxide Decreases Acute Kidney Injury and Stage 3 Chronic Kidney Disease after Cardiac Surgery

-n=244, cirugía valvular
-80 ppm a través CEC y 24h post
-Reducción IRA

Randomized Controlled Trial > [J Thorac Cardiovasc Surg](#). 2022 Apr;163(4):1393-1403.e9.

doi: 10.1016/j.jtcvs.2020.03.182. Epub 2020 Jun 25.

Nitric oxide delivery during cardiopulmonary bypass reduces acute kidney injury: A randomized trial

-n=144
-40 ppm a través CEC
-Reducción de IRA

SARTD-CHGUV Sesión de Formación Continuada
Valencia 28 de Enero de 2025

Conclusiones

1. La prevención de la IRA requiere la identificación de pacientes con factores de riesgo modificables y la mitigación de este riesgo mediante intervenciones basadas en la evidencia durante el período perioperatorio.
2. Se recomienda suspender los medicamentos nefrotóxicos y tratar la anemia antes de la cirugía cardíaca electiva.
3. Se ha demostrado que el uso de cristaloides balanceados para la reanimación y el empleo de una estrategia hemodinámica dirigida a objetivos mejoran los resultados renales.
4. El inicio temprano en ausencia de indicaciones emergentes no mejora significativamente los resultados de mortalidad y se asocia con un mayor número de efectos adversos y mayor probabilidad de TRR permanente.

Bibliografía

1. Benjamin EJ, Virani SS, Callaway CW, Chamberlain AM, Chang AR, Cheng S, Chiuve SE, Cushman M, Delling FN, Deo R: Estadísticas de enfermedades cardíacas y accidentes cerebrovasculares: actualización de 2018: un informe de la Asociación Estadounidense del Corazón. *Circulation* 2018; 137: e67–e492 [PubMed: 29386200]
2. Peng K, McIlroy DR, Bollen BA, Billings FT, Zarbock A, Popescu WM, Fox AA, ShoreLesserson L, Zhou S, Geube MA: Actualización de la práctica clínica de la Sociedad de Anestesiólogos Cardiovasculares para el tratamiento de la lesión renal aguda asociada a la cirugía cardíaca. *Anesthesia & Analgesia* 2022; 135: 744–756
3. Kdigo A: Enfermedad renal: mejora de los resultados globales. Grupo de trabajo AKI: Guía de práctica clínica para la lesión renal aguda. *Kidney Int. Suppl* 2012; 2: 1–138
4. Wu B, Sun J, Liu S, Yu X, Zhu Y, Mao H, Xing C: Relación entre la mortalidad de los pacientes Con lesión renal aguda después de cirugía cardíaca, equilibrio de líquidos y ultrafiltración de la terapia de reemplazo renal: un estudio observacional. *Purificación de sangre* 2017; 44: 32–39 [PubMed: 28237986]
5. Ranucci M, Pavesi M, Mazza E, Bertucci C, Frigiola A, Menicanti L, Ditta A, Boncilli A, Conti D: Factores de riesgo de disfunción renal después de la cirugía coronaria: el papel de la técnica de derivación cardiopulmonar. *Perfusion* 1994; 9: 319–326 [PubMed: 7833539]
6. Ranucci M, Johnson I, Willcox T, Baker RA, Boer C, Baumann A, Justison GA, De Somer F, Exton P, Agarwal S: Perfusión dirigida a objetivos para reducir la lesión renal aguda: un ensayo aleatorizado. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery* 2018; 156: 1918–1927. e2 [PubMed: 29778331]
7. Kamenshchikov NO, Anfinogenova YJ, Kozlov BN, Svirko YS, Pekarskiy SE, Evtushenko VV, Lugovsky VA, Shipulin VM, Lomivorotov VV, Podoksenov YK: La administración de óxido nítrico durante la circulación extracorpórea reduce la lesión renal aguda: un ensayo aleatorizado. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2022; 163:1393–1403.e9 [PubMed: 32718702]