Perfusión dirigida a objetivos con monitorización continua durante la circulación extracorpórea: relación con la lesión renal aguda

Goal directed perfusion with continuous monitoring during cardiopulmonary bypass: relationship with acute kidney injury

Resumen / Abstract

Objetivo: Evaluar si existe una correlación entre los parámetros de Goal Directed Perfusion (GPD) durante la circulación extracorpórea (CEC) y la aparición de lesión renal aguda (LRA) en el postoperatorio inmediato de pacientes intervenidos de cirugía cardiaca, así como identificar posibles factores de riesgo.

Métodos: Se realizó estudio observacional retrospectivo de pacientes adultos intervenidos de cirugía cardiaca con CEC entre enero de 2017 y diciembre de 2022 en los que se usó la monitorización de gases en línea del Spectrum M4, recogiendo los parámetros GPD: índice de aporte de O_2 (iDO_2), consumo O_2, extracción de O_2, CO_2 espirado y índice de volumen producido de CO_2 y ratio de perfusión. Se recogieron las creatininas basales, al ingreso en UCI, 24, 48 y 72h. Se usó el criterio AKIN para la determinación de Lesión Renal Aguda.

Resultados: Se analizaron 335 pacientes, con un 35,5% de mujeres. La edad fue 64,7±11,7 años. 67 pacientes presentaron LRA (20%), de los cuales 35 fueron tipo I, 14 tipo II y 18 tipo III. El iDO_2 fue de 274±51 ml/min/m^2 en grupo que no presentó LRA, mientras que fue 246±47 en el grupo LRA (p<0,0001). El resto de los parámetros GPD no presentaron diferencias significativas, excepto si el iDO_2 participaba en el cálculo. El uso de hemoderivados en el quirófano fue un factor de riesgo significativo (OR=2,87, IC95: 1,62-5,08). Los factores de riesgo postoperatorio fueron reapertura urgente, vasoplejia y bajo gasto cardiaco. El sangrado postoperatorio, la ventilación mecánica, la estancia en UCI y la mortalidad fueron significativamente mayores en el grupo LRA.

Conclusión: El iDO_2 por encima de 270 ml/min/m^2 disminuye significativamente la incidencia de LRA. El VO_2 y el metabolismo del CO_2 no tuvieron relación con la LRA. El manejo de la CEC bajo la monitorización continua de parámetros GPD disminuye la incidencia de LRA.

Palabras clave: Goal Directed Perfusion; lesión renal aguda; circulación extracorpórea; aporte de oxígeno.

Objective: To evaluate a correlation between Goal Directed Perfusion (GPD) parameters during cardiopulmonary bypass (CPB) and the acute kidney injury (AKI) in the immediate postoperative period in patients undergoing cardiac surgery, as well as to identify possible risk factors.

Methods: A retrospective observational study was conducted on adult patients undergoing cardiac surgery with CPB between January 2017 and December 2022, using Spectrum M4 online gas monitoring to collect GPD parameters: O_2 delivery index (iDO_2), O_2 consumption, O_2 extraction, exhaled CO_2, CO_2 produced volume index, and perfusion ratio. Baseline creatinine levels were collected upon admission to the ICU and at 24, 48, and 72 hours. The AKIN criteria were used to determine AKI.

Results: 335 patients were analysed, 35.5% were women. The mean age was 64.7±11.7 years. Sixty-seven patients had AKI (20%), 35 had type I, 14 had type II and 18 had type III. The iDO_2 was 274±51 ml/min/m^2 in the group that did not present AKI, while it was 246±47 in the AKI group (p<0.0001). The rest of the GPD parameters did not show significant differences, except when the iDO_2 was included in the calculation. The use of blood products in the operating theatre was a significant risk factor (OR=2.87, 95% CI: 1.62-5.08). Postoperative risk factors were urgent reopening, vasoplegia, and low cardiac output. Postoperative bleeding, mechanical ventilation, ICU stay, and mortality were significantly higher in the AKI group.

Conclusions: iDO_2 above 270 ml/min/m^2 significantly reduces the incidence of AKI. VO_2 and CO_2 metabolism were not related to AKI. Management of CPB under continuous monitoring of GPD parameters reduces the incidence of AKI.

Keywords: Goal-directed perfusion; acute kidney injury; cardiopulmonary bypass; oxygen delivery.



Juan Carlos Santos Palomino
Enfermero Perfusionista
Hospital Regional Universitario de Málaga
ORCID:0000-0002-5543-8312



Carlos Casado Sánchez
Enfermero Perfusionista
Hospital Regional Universitario de Málaga
ORCID:0000-0002-5736-1558

Miguel Carlos González Perales
Enfermero Perfusionista
Hospital Regional Universitario de Málaga
ORCID:0000-0002-9638-0612

Mª Carmen Santos Palomino
Enfermera perfusionista
Hospital Universitario "Virgen de la Victoria" de Málaga
ORCID: 0000-0003-2859-5125

Mariluz Recio Recio
Enfermera perfusionista
Hospital Regional Universitario de Málaga
ORCID: 0000-0003-2024-0303

Juan Carlos Santos Palomino
Av. Carlos Haya s/n 29010 – Málaga
pscj17@hotmail.com

Septiembre 2025
Octubre 2025

Introducción

La lesión renal aguda (LRA) es una de las complicaciones que más preocupan en cirugía cardiaca de adultos. Si nos centramos en las últimas revisiones sistemáticas, la incidencia de IRA está en torno al 22%[1,2], de los que entre 2-3% necesitaron de terapia renal sustitutiva (TRS), además, por leve que sea la lesión siempre está asociada a una mayor morbi mortalidad postoperatoria, incluso a largo plazo[3].

Se estima que entre el 10% y el 50% de los pacientes desarrollan algún grado de LRA después de la cirugía cardíaca, ya que uno de los problemas para el diagnóstico son las múltiples definiciones que han existido de lesión renal[4]. Aunque las escalas más usadas para el diagnóstico y la clasificación de la LRA son RIFLE y AKIN y el criterio KDIGO[5], están irrumpiendo en la actualidad los biomarcadores urinarios como la lipocalina asociada a la gelatinasa de los neutrófilos (NGAL), el inhibidor del tejido urinario de la metaloproteinasa-2 (TIMP-2), y la proteína de unión al factor de crecimiento similar a la insulina tipo 7 (IGFBP7), que ofrecen una alternativa temprana a las escalas, ya que pueden indicar en las primeras 6 horas de postoperatorio un empeoramiento de la función renal sin que haya otro signo de LRA[6].

La fisiopatología de la LRA asociada a la cirugía cardíaca y la circulación extracorpórea (CEC) en adultos es multifactorial e incluye componentes isquémicos, inflamatorios y nefrotóxicos[7-9]. Durante la CEC, los riñones están expuestos a cambios hemodinámicos significativos, como la hemodilución, la hipotensión no pulsátil, la liberación de mediadores inflamatorios, y el estrés oxidativo[10]. Además, no solo el uso sino también el tiempo de exposición a la CEC es un factor de riesgo de LRA[11], siendo el aporte de oxígeno (DO_2) clave para la función renal. El DO_2 se calcula considerando el flujo de la CEC, la hemoglobina y la saturación arterial de oxígeno y para su indexación se usa la superficie corporal del paciente. Rannuci et al fueron los primeros en establecer que el índice de aporte de oxígeno (iDO_2) podía ser más determinante que el flujo de la CEC o la hemoglobina por separados con respecto a la LRA[12], y posteriormente, de Somer et al introdujeron el concepto de Perfusión dirigida a Objetivos (GPD, acrónimo de Goal Directed Perfusion)[13], donde aparte del DO_2 y el consumo de oxígeno (VO_2), incorporaban para el control de la CEC el metabolismo del CO_2. No obstante, aún no se ha podido determinar un umbral crítico para el iDO_2 adecuado, estando identificado en un rango de 225 a 300 ml/min/m² por diferentes autores[12-16]. En todos estos estudios menos uno, la determinación se hizo de forma intermitente (cada 10-20 min) pudiendo no ser suficiente para detectar un bajo iDO_2 entre determinaciones. Fue Mukaida et al, los que establecieron la "respuesta dosis-tiempo" de iDO_2 con una medición continua, donde el tiempo por debajo de 300 ml/min/m² y la curva ROC fueron superiores a la hora de detectar la LRA[14]. En la actualidad se dispone de tecnologías que permiten una monitorización continua por lo que se recomienda su uso para una mejor y exacta medición de los parámetros GPD[17].

El primer ensayo clínico aleatorizado (ECA) multicéntrico realizado por Ranucci et al mostró que la estrategia de mantener el iDO_2 por encima 280 ml/min/m² reducía la incidencia de LRA, pero con limitaciones para una posible generalización[18]. Ya que el grupo de control alcanzó con frecuencia esa cifra o más, resultando en diferencias limitadas de DO_2 entre los grupos, además, los protocolos, la temperatura, los criterios de transfusión y la presión arterial media (PAM) durante la CEC variaron entre hospitales. Y en el otro ECA publicado por Mukaida et al en 2023, en un único centro, que comparaba la estrategia habitual de manejo de CEC en base a un índice cardiaco de 2,4-2,6 l/min/m² con la gestión de esta en función del iDO_2, llegó a la misma conclusión, solo que elevaba a 300 el punto de corte para una reducción en la aparición de LRA[19], pero no se consiguieron diferencias significativas entre las dos estrategias para objetivos secundarios como: tasa de transfusión y unidades de glóbulos rojos, el tiempo de intubación, la duración de la estancia posoperatoria en la UCI y en el hospital y la mortalidad hospitalaria. En ambos estudios no analizaron los factores de riesgo postoperatorios que podrían ser elementos confusores en la incidencia de LRA como la aparición de fibrilación auricular, síndrome de bajo gasto postoperatorio, vasoplejia, que influyen directamente en el flujo renal. Con esto se quiere hacer hincapié en la dificultad de desarrollar un ECA en estas circunstancias, donde en el manejo y monitorización de la CEC intervienen tantos factores humanos y materiales, que pasados por un filtro de aspectos éticos, complican bastante el buen desarrollo de un ensayo clínico.

El objetivo principal es evaluar si existe una relación entre la medición continua del índice de aporte de oxígeno (iDO_2) durante la CEC y su variabilidad con la incidencia de la lesión renal aguda (LRA) en el postoperatorio inmediato de pacientes adultos intervenidos de cirugía cardiaca con circulación extracorpórea., así como otros parámetros GPD y los posibles factores de riesgo para la aparición de LRA.

Material y métodos

Diseño

Se realizó un estudio observacional retrospectivo de los pacientes adultos intervenidos de cirugía cardiaca en un hospital de tercer nivel entre enero de 2017 y diciembre de 2022 en los que haya un registro continuo de los parámetros GPD durante la CEC.

Se formaron dos grupos, el grupo LRA, compuesto por los pacientes que desarrollaron en el posoperatorio inmediato (primeras 48 horas) algún tipo de lesión renal aguda siguiendo los criterios AKIN (Tabla 1), solo teniendo en cuenta el valor de la creatinina sérica, ya que en el cebado de la CEC se suele usar Manitol y durante el proceso intra y postoperatorio es frecuente el uso de diuréticos, no siendo la diuresis una buena referencia. Y por otro lado el grupo control, que fueron los pacientes que no presentaron lesión renal. Se realizó un seguimiento intrahospitalario hasta el alta.

Población y muestra

La población fue todos los pacientes adultos intervenidos de cirugía cardiaca durante ese periodo de tiempo. El criterio de inclusión fue tener un registro continuo durante la CEC de los parámetros GPD.

Mientras que los criterios de exclusión fueron: temperatura de CEC inferior a 34°C; intervenciones emergentes-urgentes; pacientes que necesitaron oxigenación por membrana extracorpórea postoperatoria (ECMO); intervenciones que precisaron de hipotermia profunda y parada circulatoria; pacientes con insuficiencia renal crónica; y pacientes con una creatinina basal por encima de 1,5. Y para los parámetros GPD relacionados con el metabolismo del CO_2, cuando se usó difusión de CO_2 en el campo quirúrgico y cuando existió errores en la medición del CO_2 espirado.

Variables

Las variables iniciales recogidas fueron las sociodemográficas y antecedentes personales: edad, género, peso, talla, superficie corporal (SC), índice de masa corporal (IMC), diabetes, hipertensión (HTA), dislipemia (DL), Hipertensión Pulmonar (HTP), ACV previo, IAM previo, reintervención. En cuanto a la analítica preoperatoria, se recogieron los datos basales de hematocrito, hemoglobina, plaquetas, INR, glucosa, creatinina, sodio y potasio. En las analíticas postoperatorias, se recogió la creatinina al ingreso en UCI, a las 24, 48 y 72 h (a las 96 h si existió ese dato).

Dentro de las variables perioperatorias: tipo de intervención, tiempo de CEC, tiempo de pinzamiento aórtico, láctico basal, máximo láctico en CEC y láctico a los 15 minutos tras la administración de protamina, hematíes en CEC, hemoderivados administrados por anestesia, uso de hemoconcentrador y su volumen extraído, uso de recuperador y volumen recuperado, balance CEC, uso de diuréticos y diuresis en CEC, y los datos GPD que aportó el monitor SystemM-M4

Aparte de los datos analíticos mencionados antes, se recogieron todas las complicaciones postoperatorias mayores, necesidad de apoyo vasoconstrictor y/o inotrópico en el 1º y 2º día de postoperatorio, terapia renal sustitutiva, reintervención, sangrado postoperatorio, tiempo de ventilación mecánica, estancia en UCI y exitus.

Recogida de datos

Se usaron los datos preoperatorios y perioperatorios de la base de datos de perfusión siendo la única referencia para el paciente el número NHUSA, eliminando otros datos que pudieran identificarlo, creando una tabla específica para el resto de los datos del estudio que no se encontraban en la primera.

Para la medición continua de los parámetros GPD se usó el System M-M4® (Spectrum Medical, Gloucester, UK), monitor de gases y de parámetros de CEC en línea con una medición de cada cierto número de segundos (1-10 seg). Las variables medidas de forma directa fueron: Hto, Hb, saturación arterial de O_2, saturación venosa de O_2, flujo de CEC, flujo de gas, FiO_2, temperatura de CEC, presión arterial de O_2, presión arterial de CO_2, fracción espirada de CO_2 ($FeCO_2$). Con las variables anteriores y teniendo en cuenta la superficie corporal del paciente las variables calculadas fueron: índice cardiaco de CEC, iDO_2, iVO_2, ratio de extracción de O_2(ERO_2), índice de producción de CO_2 ($iVCO_2$), ratio de perfusión (ecPR= iDO_2/ $iVCO_2$) y el cociente respiratorio (CQ=$iVCO_2$/ iVO_2).

El monitor guarda los registros en una tarjeta de memoria en un archivo tipo Excel. De esta se eliminaron los datos del proceso de entrada y salida de CEC, ya que los parámetros podrían estar artefactuados por la ventilación mecánica y por flujos de CEC disminuidos. Se obtuvieron los datos estadísticos descriptivos de media, desviación estándar, máximo y mínimo durante toda la CEC de cada uno de los valores medidos, así como, el cálculo del tiempo durante la CEC por debajo de determinados valores de iDO_2 (225, 260, 280 y 300).

Se creó una hoja específica por paciente para la recogida de datos postoperatorios para poder realizar un control individual, los cuales fueron añadidos a la tabla del estudio una vez completados todos los datos del paciente.

Análisis estadístico

Se efectuó un análisis descriptivo de las distintas variables de interés. Las variables de naturaleza cuantitativa se describieron mediante la media y la desviación estándar, o mediante la mediana y el rango intercuartílico en ausencia de normalidad. Por otro lado, las variables cualitativas se presentaron como frecuencias absolutas y relativas (%). La idoneidad de las pruebas estadísticas utilizadas en este trabajo se evaluó en función de la normalidad mediante el test de Shapiro-Wilk y la homocedasticidad mediante el test de Levene.

Si las muestras son independientes siguiendo las variables una distribución normal, se usó la prueba t-test para la comparación de medias en el caso de tener únicamente dos grupos o bien la técnica ANOVA para más de dos grupos bajo

condiciones de normalidad y homocedasticidad. Para correlacionar variables cuantitativas se aplicó la r de Pearson.

La asociación entre variables cualitativas se realizó mediante la prueba Chi-cuadrado, en el caso de que las frecuencias esperadas fueron superiores o iguales a 5 o el test exacto de Fisher si las frecuencias esperadas fueron inferiores a 5. En determinadas variables para hacer una estimación del riesgo se calculó la odds ratio (OR) con su intervalo de confianza al 95%.

Por último, se realizó un análisis de curvas ROC para el iDO_2, de forma que se fijaron distintos límites para saber el tiempo en minutos que cada paciente estuvo por debajo del mismo durante la CEC. Esos valores límite se establecieron en 225, 260, 280 y 300 ml/min/m².

Todos estos análisis se realizaron usando el software SPSS v.26 y el nivel de significación se estableció para todos los casos en $\alpha \leq 0.05$.

Aspectos éticos

El presente estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Investigación Provincial de Málaga. Se eliminó en la recogida de datos cualquier posible identificación del paciente. Al ser un estudio retrospectivo que abarcaba varios años se solicitó no tener que pedir permiso, ni consentimiento a los pacientes para el acceso a la historia clínica digital.

Resultados

Se incluyeron 335 pacientes (35,5% de mujeres) con una edad de 64,7 ± 11,6 años, peso de 78,3 ± 14,7 kg, estatura de 166 ± 10 cm y una superficie corporal de 1,86 ± 0,20 m². En los antecedentes personales, presentaron diabetes el 34,6%, HTA 63,6%, dislipemia 43,3%, fibrilación auricular crónica 18,2%, ACV previo 6,3%, EPOC 8,7% e hipertensión pulmonar 7,2%. Se recogieron 1774 ± 1812 registros por paciente.

La incidencia de LRA en la muestra fue del 20% (67 pacientes). Según el criterio AKIN, el tipo I, más leve, se presentó en 35 pacientes (10,4%), tipo II 14 (4,2%) y el tipo III 18 (5,4%), de los cuales 16 pacientes (4,8%) necesitaron terapia renal sustitutiva. Con respecto al tipo de intervención llamó la atención que los pacientes intervenidos de cirugía coronaria tuvieron un 12% de incidencia de LRA, bastante por debajo de la media en la que oscilaron el resto de las patologías intervenidas, excepto cuando se combinaron la cirugía coronaria y la cirugía valvular en un mismo paciente, llegando a una incidencia del 48%, con una p=0,005 (Tabla 2).

Se analizaron las creatininas séricas durante todo el proceso (Tabla 3), hubo una diferencia significativa en la creatinina basal, mientras que el grupo control fue de 0,90 ± 0,21 mg/dL en el grupo LRA fue de 1,00 ± 0,25 (p=0,011). Sin embargo, en los pacientes sin LRA hay una disminución de casi el 9% al ingreso en UCI, mientras que en los que si la presentan hay un aumento del 6% sobre sus datos basales. En el control analítico del primer día, la creatinina en los pacientes con LRA alcanzó un nivel patológico (1,54 mg/dL) y se mantuvo el segundo día. Disminuyó en el tercer y cuarto día, con diferencias significativas durante todo el postoperatorio. En el grupo control, los niveles se mantuvieron estables con un ligero descenso (p<=0,0001).

El láctico basal fue similar entre ambos grupos (No LRA, 0,77 ± 0,36 y LRA 0,75 ± 0,32 mmol/L). Sin embargo, el máximo láctico en CEC ya presentó diferencias significativas 1,43 ± 0,66 mmol/L en el grupo control y 1,75 ± 0,78 en el LRA (p=0,001), diferencias que aumentaron a los 15 minutos tras la administración de protamina 1,50 ± 0,68 vs 1,93 ± 0,93 mmol/L (p<0,0001). Para hacer un análisis más adecuado, se categorizaron ambas variables en dos grupos, un primer grupo con valores de ácido láctico hasta 2 mmol/L y otro con valores por encima de 2 mmol/L, considerando así la presencia de hiperlactatemia. En caso del láctico en CEC, mientras que el 13,8% del grupo control tuvieron valores por encima de 2, en el grupo LRA fue de un 26,2% (p=0,016, OR=2,20, IC 95%: 1,14-4,25). Estas diferencias se hicieron más significativas en el último láctico obtenido en quirófano, 18,1% vs 35,4% (p=0,002, OR=2,48, IC 95%: 1,36-4,52).

En cuanto a los parámetros GPD, empezando por el objetivo principal de este estudio, el iDO_2 fue significativamente menor en los pacientes que desarrollaron LRA, 246 ± 47 por 274 ± 51 ml/min/m², de los que no la tuvieron (p<0,0001). Si se desglosa por tipo de LRA según criterio AKIN, el tipo I tuvo un iDO_2 de 247 ± 47, el tipo II 258 ± 45 y el tipo III 234 ± 51 ml/min/m², obteniendo diferencias significativas entre grupos (p<0,0001). Si categorizamos el iDO_2 en dos grupos, por encima y por debajo de 300 ml/min/m², la incidencia de LRA se reduce al 9,3% cuando el paciente recibe >300 (75 pacientes) y sube al 23,1% cuando esta por <300 (260 pacientes), con una OR=0,34 (IC 95%: 0,15-0,79). Si la categorización se reduce a 270 ml/min/m², la LRA se produce en un 10,2% si es >270 (167 pacientes) mientras que llega al 29,8% si es <270 (168 pacientes) con una OR=0,27 (IC 95%: 0,15-0,49), manteniendo en ambos casos el efecto protector de una iDO_2 que no aumenta la probabilidad de LRA, a partir de este valor la incidencia LRA empieza a aumentar. Si valoramos el iVO_2, los datos fueron similares entre ambos grupos 65,0 ± 11,9 vs 64,6 ± 11,2, tampoco existiendo diferencias significativas cuando se hizo el análisis por tipos de LRA. Sin embargo, cuando analizamos la tasa de extracción de O_2 (ERO_2) en el grupo control fue de 0,24 ± 0,05 y en el grupo LRA fue de 0,27 ± 0,06 siendo estas diferencias significativas, p<0,0001 (Tabla 4). Como hallazgo casual, existió una correlación inversa casi perfecta entre el ERO_2 y la SvO_2 como podemos ver en el gráfico 1 (r=-0,986, p<0,0001).

Se analizó mediante curvas ROC el tiempo en minutos que cada paciente estuvo por debajo de los puntos de corte fijados para el iDO_2, 225, 260, 280 y 300 ml/min/m², y su re-

lación con la LRA, de esta manera se quería evaluar si la variabilidad del iDO_2 durante la CEC tenía una influencia clara. Ningún valor de las diferentes curvas llegó a 0,7 por lo que el tiempo por debajo de los puntos de corte no tuvo capacidad de discriminación para la aparición de LRA. (Gráfico 2)

De los parámetros relacionados con el CO_2 se han recogido solo 260 pacientes (Tabla 5), principalmente por dos motivos: error en la medición del CO_2 del M4 por distintos problemas y por el uso de CO_2 en el campo quirúrgico. En la fracción de CO_2 espirado ($FeCO_2$), no hubo diferencias entre grupos, 5,34 ± 0,72% en el control y 5,52 ± 0,64% en el LRA, lo mismo ocurrió con la $iVCO_2$, 72,9 ± 14,2 vs 74,4 ± 14,4%. Aunque para el ecPR ($iDO_2/iVCO_2$), vino a ocurrir lo mismo que con el ERO_2, sí hubo diferencias significativas en la ratio de perfusión, achacables sobre todo al iDO_2, siendo más bajo en el grupo LRA, 3,45 ± 0,96, que, en el control, 3,92 ± 0,97 (p=0,001).

En los datos preoperatorios no hubo diferencias en cuanto al género, peso, talla, SC e IMC. Tampoco la temperatura en CEC, ni dislipemia, ACV previo, ni la presencia de FA crónica o paroxística, ni la hipertensión pulmonar. Donde sí hubo fue en la edad, los pacientes que desarrollaron LRA fueron significativamente más mayores, 68,4 ± 8,1 vs 63,8 ± 12,1 años (p=0,004). En las analíticas preoperatorias, aparte de como ya hemos visto en la creatinina basal, existió también diferencias solo en el Hto y Hb basal, donde ambos fueron más elevados en el grupo control de forma significativa, 40,2 ± 5,1 vs 37.3 ± 6,4% (p<0,0001) y 13.4 ± 1,7 vs 12,2 ± 1,9 g/dL (p<0,0001), estas diferencias significativas se mantuvieron en el periodo quirúrgico y en la medición del M4 (Tabla 6). La incidencia de LRA en pacientes diabéticos fue mayor (26,7%) que en los no diabéticos (16%) de forma significativa (OR: 2,00; IC 95% 1,16-3,45). Algo parecido ocurrió con los pacientes hipertensos, el grupo LRA tuvo una incidencia de 23,9% y el control 13,1% (OR: 2,09; IC 95% 1,13-3,85).

Dentro del periodo intraquirúrgico, el tiempo de CEC y el tiempo de pinzamiento aórtico fueron ambos significativamente mayores en el grupo LRA, en el primero 113 ± 44 vs 97 ± 33 min (p=0,001) y en el segundo 81 ± 32 vs 69 ± 25 min (p=0,002). Se usó hemoconcentrador en 281 pacientes (83,4%) y aunque tuvo una relación significativa con la LRA, p=0,039, de los 54 casos en los que no se usó, 45 eran pacientes coronarios con una incidencia de LRA bastante menor que el resto de las patologías. En los pacientes que se utilizó el hemoconcentrador, se observó que el grupo control tuvo un volumen filtrado significativamente menor, 1852 ± 962 ml, que el grupo LRA, 2590 ± 1680 ml (p<0,0001), para estandarizar esta cantidad, se dividió por el peso del paciente, siendo las diferencias igualmente significativas, 24,7 ± 13,9 vs 34,3 ± 23,2 ml/kg (p<0,0001). El uso de recuperador de sangre se realizó en todos los pacientes, solo que, si no había cantidad suficiente para conseguir un mínimo de 125 ml, no se montaba la segunda parte del sistema, no obstante, se recuperó sangre en 174 pacientes, sin diferencias entre grupos, lo que si tuvo diferencias es en el volumen total recuperado, 328 ± 188 ml en el grupo control y 422 ± 313 ml en el grupo LRA (p=0,02). No hubo diferencias en el uso de diuréticos y la diuresis durante la CEC (249 ± 255 ml grupo control y 202 ± 186 ml grupo LRA, p=0,157). Finalmente, el balance de la CEC presentó diferencias entre ambos grupos, -360 ± 807 ml en el grupo control y -710 ± 1156 ml en el grupo LRA, siendo estas diferencias significativas (p=0,004).

Pasando a la necesidad de hemoderivados en quirófano, solo el 13,6% (46 pacientes) necesitaron el uso de concentrado de hematíes de banco durante la CEC, y aunque un 30,4% (14 pacientes) desarrollaron LRA, solo el 18,3% de los no transfundidos en CEC tuvieron LRA, esta diferencia no llegó a ser significativa (p=0,057). Pero tras la salida de CEC, en el caso de concentrados de hematíes, se transfundió a 90 pacientes (26,5%), de los que un 30% tuvieron LRA con una diferencia significativa con respecto a los no transfundidos 16,3% (OR: 2,20, IC 95%: 1,25-3,86). Se sumó los concentrados de hematíes administrados en el quirófano y se transfundieron a un total de 109 pacientes de los cuales presentaron LRA postoperatoria un 30,3%, por un 15% de los no trasfundidos aumentando la significación en este escenario (Tabla 7). Se analizó también el plasma y plaquetas transfundidos, el primero fue administrado solo en el 10,4% de los pacientes, pero de estos un 37,1% tuvo LRA con diferencias significativas con el otro grupo (OR=2,69, IC95%: 1,28-5,68) y las plaquetas se usaron en un porcentaje más elevado, un 23,3%, pero con una incidencia menor en la LRA, 28,2%, pero también significativa (OR=1,85, IC95%: 1,03-3,34). Finalmente, se agrupó cualquier hemoderivado en cualquier momento dentro de quirófano y se transfundieron el 48,3% de los pacientes, aquí las diferencias entre grupos llego a su punto más alto en el tema hemoderivados, estando la LRA en el 28,4% con una OR=2,87 con un IC al 95% de 1,62-5,08 (Tabla 8).

Los datos postoperatorios fueron estudiados desde el interés por aquellos que se desarrollan en los primeros días del postoperatorio y pueden afectar a la función renal, no interesaron tanto los que pueden afectar de forma más tardía. No hubo diferencias significativas en cuanto a infarto de miocardio perioperatorio, a fibrilación auricular de nueva aparición o edema agudo de pulmón. El primero que se analizó fue la reapertura en las primeras 48 horas del postoperatorio, bien por sangrado importante o bien por taponamiento cardiaco que comprometiera la función del corazón. Se reintervino a 22 pacientes (6,6%) de los cuales 11 (50%) tuvieron LRA, siendo esta diferencia muy significativa (OR=4,59, IC95%: 1,59-11,11). Otra complicación importante fue la vasoplejia, para su inclusión fue necesaria la infusión de noradrenalina más allá del primer día de postoperatorio, ya que

en algunas ocasiones se necesita iniciar su administración en quirófano y es retirada a las pocas horas. La presentaron 46 pacientes (13,7%), siendo 21 (45,7%) los tratados con noradrenalina más allá de las primeras 24 horas que presentaron LRA, así la incidencia fue del 31,3% contra un 9,3% en el grupo control, volviendo a ser esa diferencia muy significativa (OR=4,44, IC95%: 2,29-8,59). Quizás de las complicaciones más importantes en cirugía cardiaca es el síndrome de bajo gasto cardiaco, se registró cuando se administró una droga vasoactiva o más (aparte de la noradrenalina) por un periodo superior a las 24 horas, este evento ocurrió en 53 pacientes (15,8%), tuvieron LRA [25], lo que supuso una incidencia del 37,5% frente al 10,4% de los que no, presentando una estimación de riesgo muy significativa (OR=5,10, IC95%: 2,71-9,59).

Por último, los datos clínicos postoperatorios que son indicadores de resultados son el sangrado postoperatorio, el tiempo de ventilación mecánica, la estancia en UCI y la mortalidad intrahospitalaria. El sangrado postoperatorio fue significativamente mayor en el grupo LRA, 658 ± 456 vs 506 ± 341ml (p=0,003). Lo mismo ocurrió con la ventilación mecánica 9,7 ± 20,1 contra 4,8 ± 7,4 h, duplicando el tiempo de intubación orotraqueal, siendo esta diferencia significativa (p=0,002). La estancia en UCI fue exactamente el doble en el grupo LRA, 8,8 ± 7,2 a 4,4 ± 4,3 días (p<0,0001). La mortalidad total de la muestra fue de un 3%, 10 pacientes, de los que 4 estaban en el grupo control (1,5%) y 6 en el grupo LRA, lo que elevó la incidencia de exitus en este grupo al 9%, teniendo 6,5 veces más riesgo de morir si se desarrollaba una LRA (OR=6,49, IC95%: 1,78-23,71).

Discusión

En el presente estudio, se ha demostrado que existe una relación significativa entre el iDO_2 y la LRA postoperatoria en pacientes adultos intervenidos de cirugía cardiaca con CEC, estableciendo un punto crítico en 270 ml/min/m², en la línea de Newland et al[17], siendo recomendable en nuestra población estar por encima de este iDO_2 durante la CEC, garantizando así una reducción significativa de la LRA. Estos resultados están dentro de rango de los publicados hasta el momento, desde los 225 de Magruder et al[15] hasta los 300 ml/min/m² de Mukaida et al[14].

En otros parámetros GPD, como el iVO_2, fue igual en ambos grupos y dentro del rango marcado para GPD (60-70 ml/min/m²) . Pero para hacer el cálculo de ERO_2 (iVO_2/iDO_2), la tasa de extracción de oxígeno sí presentó diferencias significativas. La literatura recomienda que este valor sea inferior a 0,25, que viene a decir que el consumo sea la cuarta parte del aporte, cosa que se cumplió en el grupo control, mientras que en el grupo LRA fue superior a este valor (0,27). Quedó claro que el iDO_2 es el que marcó las diferencias en este parámetro, mantener un aporte elevado facilita que la tasa de extracción de oxígeno sea menor ante un consumo igual. El hecho de que existiera una correlación tan cercana a -1 entre el ERO_2 y la SvO_2, es que trabajando con saturaciones arteriales en torno a 100, flujos y hemoglobina mantenidos, el único parámetro que cambia en la fórmula del ERO_2 es la SvO_2. En el metabolismo del CO_2, como indicador de una mala perfusión, tampoco se encontraron diferencias, aparte en determinados procedimientos en los que se usa CO_2 en el campo quirúrgico, esta medida quedó completamente inutilizada y añadir que, durante unos meses, el sensor que calculaba el CO_2 espirado dio mediciones erróneas, siendo eliminados dichos pacientes. En cuanto a la ratio de perfusión (ecPR= iDO_2/$iVCO_2$), si presentó diferencias significativas, de nuevo por la participación del iDO_2 en el cálculo, pero en ambos grupos lejos del resultado recomendado por la GPD (valores >5), ya que no se llegó ni 4, y estuvieron >5 solo 31 pacientes (9,25%). Por todo lo referenciado anteriormente, el metabolismo del CO_2 no aportó evidencia de tener efectos en la LRA, no obstante, de acuerdo con lo publicado por Overdevest et al[20], los límites de los parámetros del CO_2 deberían ser revisados, aumentado el valor recomendable en el $iVCO_2$ y disminuyendo el valor adecuado de ecPR. Con el tema de la medición de los indicadores GPD existe un problema, los aparatos usados (System M4, Connect, Landing u otras mediciones) no usan las mismas fórmulas para el cálculo de dichos parámetros, y según Baker[21], el System M4 es el que efectúa una medición más elevada de la producción de CO_2, datos que podrían explicar nuestros resultados fuera de rango, pero sin relación con la LRA. Mientras que con el metabolismo del O_2 las diferencias suelen ser más ajustadas, con el metabolismo del CO_2 las diferencias pueden ser muy importantes y ya no solo achacables al sistema de medición, sino también al oxigenador usado, la monitorización y al manejo de la CEC.

La edad es un factor de riesgo para el desarrollo de la LRA que se presenta en todos los estudios como este, ya que los pacientes mayores tienen una menor reserva funcional renal, lo que los hace más vulnerables a los cambios hemodinámicos asociados con la CEC[22]. Sin embargo, el género no resultó significativo al igual que en la publicación de Wang et al[23], aunque en el criterio KDIGO esté incluido como el género femenino como factor de riesgo, en una revisión reciente de la LRA asociada a cirugía cardíaca no mostró dimorfismo sexual[24]. Los pacientes diabéticos e hipertensos tuvieron el doble de riesgo de tener LRA, los primeros porque el daño microvascular y la disfunción endotelial pueden predisponer a la LRA, y los segundos por que la HTA puede causar cambios estructurales en los vasos renales, comprometiendo su capacidad para tolerar las fluctuaciones de presión y flujo durante la cirugía. Esto podría ayudar a explicar la diferencia basal de la creatinina sérica, que dentro de valores normales hubo diferencias

significativas entre grupos. También se encontró una relación entre hematocrito y hemoglobina preoperatoria, siendo significativamente más baja en los que presentaron LRA, esto también coincide con otros estudios donde la anemia preoperatoria es un factor de riesgo independiente para la LRA[25]. La cirugía combinada coronario-valvular es un factor de riesgo muy importante, a diferencia de la cirugía coronaria aislada, que tiene la menor incidencia de LRA. Esto también podría explicarse por una mayor duración del tiempo de CEC y del tiempo de pinzamiento aórtico (como ya se vió en los resultados, los pacientes con LRA tuvieron ambos tiempos más largos de forma significativa), así como un mayor riesgo de sangrado intra y postoperatorio, por existir una mayor complejidad quirúrgica y la posible coagulopatía por la duración de la cirugía, pudiendo necesitar de la administración de mayor número de hemoderivados, todos estos factores podrían favorecer la aparición de LRA en los pacientes con cirugía combinada. Hubo un aumento significativo del láctico en CEC y post CEC en el grupo LRA, pero todos los valores estaban dentro de límites normales, es decir, por debajo de 2 mmol/L. Para hacer un análisis más pertinente se categorizó, fijando la hiperlactatemia por encima de 2, y en ambos casos salieron diferencias significativas con más del doble de riesgo de desarrollar LRA si sobrepasaba ese valor, pero sin perder de vista que el láctico, en esos dos momentos, presentó una relación positiva muy significativa tanto con el tiempo de CEC como el tiemplo de pinzamiento aórtico (p<0,0001).

Como ya se ha visto previamente, en el grupo LRA existió un Hto y Hb preoperatorios significativamente inferiores, presentándose como un factor de riesgo. Esta situación ayudó a que este grupo recibiera un mayor número de hemoderivados dentro de quirófano, sumando aún más riesgo para la incidencia de LRA. Uno de los principales problemas para la administración de hemoderivados fueron los criterios dispares a la hora de decidir la infusión o no, incluso siendo uno de ellos, que el tiempo de CEC era alargado para transfundir plaquetas, no siendo nada restrictivos en este aspecto, en contraposición a este planteamiento, Garg et al en el estudio TRICS[26] (ECA), donde un enfoque restrictivo (si la Hb<7,5% g/dL) en la transfusión de hematíes durante la cirugía cardíaca es seguro y no aumenta la incidencia o gravedad de la LRA.

En el metaanálisis de Soletti Jr et al[27], asociaron la reintervención por sangrado con una menor supervivencia a largo plazo y un mayor riesgo de eventos adversos a corto plazo, siendo un predictor independiente de la LRA, lo cual coinciden con los resultados del presente estudio, teniendo una estimación de riesgo muy parecidas (OR=4,13 en el metaanálisis y OR=4,59 en este, ambas significativas), siendo además pacientes que necesitan o bien de una cantidad importante de hemoderivados, o la administración de drogas vasoactivas. Otras dos complicaciones mayores que dependen de estas drogas vasoactivas son el síndrome de bajo gasto cardiaco y la vasoplejia, en esta última se aplicó a los pacientes que necesitaron noradrenalina por más de 24 y la primera cuando se infundió adrenalina, dobutamina o dopamina, de forma aislada o combinadas. En ambos casos tuvieron una estimación de riesgo muy significativa, lo que fue llamativo es que estas complicaciones no fueron registradas, ni tenidas en cuenta en los dos ECA realizados sobre GPD18-19. Se puede afirmar que las tres complicaciones analizadas en este párrafo son las que tienen más peso en la aparición de LRA. También hay que tener en cuenta, que todos los pacientes que necesitaron ECMO a la salida de CEC fueron excluidos del estudio, lo cual disminuyó la incidencia inmediata de estas complicaciones y, probablemente, de la LRA. El sangrado postoperatorio, el tiempo de ventilación mecánica y la estancia en UCI presentaron diferencias significativas, siendo todos más elevados en el grupo LRA, mientras que los resultados de los dos ensayos clínicos mencionados anteriormente no presentaron diferencias significativas ninguno de estos apartados. Para finalizar, la mortalidad estuvo anormalmente elevada en el grupo LRA, un 9% con respecto al 1,5% del grupo control, se podría explicar por la terapia renal sustitutiva, (4,8%) de esos 16 pacientes, 5 fueron exitus, lo que supone una mortalidad del 31,3%.

Por último, el presente estudio tuvo limitaciones importantes, el primero fue la imposibilidad de usar el sistema de medición continua en todos los pacientes porque únicamente está disponible en uno de los dos quirófanos, pudiendo producirse un sesgo de selección de pacientes. Por otro lado, no todos los perfusionistas del equipo lo utilizan, ni todos tienen la misma práctica clínica con los mismos criterios. Además, hay que sumar que intervienen otros profesionales durante la CEC por lo que la muestra puede no tener la representatividad de la población. Así mismo, se eliminó la detección de LRA por diuresis dentro del criterio AKIN, lo cual podría producir un infradiagnóstico de ésta, aunque el uso frecuente de diferentes diuréticos durante la CEC y en el postoperatorio inmediato puede alterar la producción de orina. El hecho de ser un estudio observacional retrospectivo se debe tener en cuenta la posible pérdida de datos durante el estudio.

CONCLUSIONES

La LRA puede tener un origen multifactorial, existen factores de riesgo preoperatorios, dentro del quirófano hay situaciones y actuaciones por parte de los profesionales que participan que pueden influir en la incidencia de LRA y otras situaciones que escapan al control de estos. También hay complicaciones postoperatorias que son las que más riesgo presentan para el desarrollo de la LRA en el postope-

ratorio inmediato. No obstante, la medición continua de los parámetros del iDO_2, manteniendo sus valores por encima de 270 ml/min/m², disminuye de forma significativa la incidencia de la LRA. El resto de los parámetros de GPD no tuvieron relación significativa con la LRA, excepto cuando participó el iDO_2 en el cálculo. Se debería incidir por parte de la industria en unificar criterios para mejorar y ajustar la medición de los parámetros GPD.

Conflicto de intereses

Los autores no presentan conflicto de intereses.

Agradecimientos

Como este trabajo ha necesitado para su finalización un número importante de años, queremos a reconocer y agradecer a nuestros queridos compañeros, ya jubilados, Rafael Cid Vivas y Antonio Cabrera López, su aportación al mismo.

Bibliografía

1. 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):82-89. doi:10.1053/j.jvca.2015.06.017
2. Vandenberghe W, Gevaert S, Kellum JA, et al. Acute kidney injury in cardiorenal syndrome type 1 patients: A systematic review and meta-analysis. CardioRenal Med. 2015;6(2):116-128. doi:10.1159/000442300
3. Pickering JW, James MT, Palmer SC. Acute kidney injury and prognosis after cardiopulmonary bypass: a meta-analysis of cohort studies. Am J Kidney Dis. 2015 Feb;65(2):283-93. doi: 10.1053/j.ajkd.2014.09.008. Epub 2014 Nov 5.
4. Hoste EA, Cruz DN, Davenport A, Mehta RL, Piccinni P, Tetta C, et al. The epidemiology of cardiac surgery-associated acute kidney injury. Int J Artif Organs. 2008 Feb;31(2):158-65. doi: 10.1177/039139880803100209.
5. Kellum JA, Lameire N, Aspelin P, Barsoum RS, Burdmann EA, Goldstein SL et al. KDIGO Clinical Practice Guideline for Acute Kidney Injury. Kidney Int Suppl. 2012;2(1):1-138. doi:10.1038/kisup.2012.7.
6. Iwata H, Horino T, Osakabe Y, Inotani S, Yoshida K, Mitani K, et al. Urinary [TIMP-2]•[IGFBP7], TIMP-2, IGFBP7, NGAL, and L-FABP for the prediction of acute kidney injury following cardiovascular surgery in Japanese patients. Clin Exp Nephrol. 2025 Apr 7. doi: 10.1007/s10157-025-02671-2. Epub ahead of print.
7. Rosner MH, Okusa MD. Acute kidney injury associated with cardiac surgery. Clin J Am Soc Nephrol. 2006 Jan;1(1):19-32. doi: 10.2215/CJN.00240605. Epub 2005 Oct 19.
8. Bellomo R, Auriemma S, Fabbri A, D'Onofrio A, Katz N, McCullough PA, et al. The pathophysiology of cardiac surgery-associated acute kidney injury (CSA-AKI). Int J Artif Organs. 2008 Feb;31(2):166-78. doi: 10.1177/039139880803100210.
9. Wang Y, Bellomo R. Cardiac surgery-associated acute kidney injury: risk factors, pathophysiology and treatment. Nat Rev Nephrol. 2017 Nov;13(11):697-711. doi: 10.1038/nrneph.2017.119. Epub 2017 Sep 4.
10. Lannemyr L, Bragadottir G, Krumbholz V, Redfors B, Sellgren J, Ricksten SE. Effects of cardiopulmonary bypass on renal perfusion, filtration, and oxygenation in patients undergoing cardiac surgery. Anesthesiology. 2017 Feb;126(2):205-213. doi: 10.1097/ALN.0000000000001461.
11. Sirvinskas E, Andrejaitiene J, Raliene L, Nasvytis L, Karbonskiene A, Pilvinis V, et al. Cardiopulmonary bypass management and acute renal failure: risk factors and prognosis. Perfusion. 2008 Nov;23(6):323-7. doi: 10.1177/0267659109105251.
12. Ranucci M, Romitti F, Isgr o G, Cotza M, Brozzi S, Boncilli A, et al. Oxygen delivery during cardiopulmonary bypass and acute renal failure after coronary operations. Ann Thorac Surg. 2005 Dec;80(6):2213-20. doi: 10.1016/j.athoracsur.2005.05.069.
13. de Somer F, Mulholland JW, Bryan MR, Aloisio T, Van Nooten GJ, Ranucci M. O_2 delivery and CO_2 production during cardiopulmonary bypass as determinants of acute kidney injury: time for a goal-directed perfusion management? Crit Care. 2011 Aug 10;15(4):R192. doi: 10.1186/cc10349.
14. Mukaida H, Matsushita S, Kuwaki K, Inotani T, Minami Y, Saigusa A, et al. Time-dose response of oxygen delivery during cardiopulmonary bypass predicts acute kidney injury. J Thorac Cardiovasc Surg. 2019 Aug;158(2):492-499. doi: 10.1016/j.jtcvs.2018.10.148. Epub 2018 Nov 16.
15. Magruder JT, Crawford TC, Harness HL, Grimm JC, Suarez-Pierre A, Wierschke C, et al. A pilot goal-directed perfusion initiative is associated with less acute kidney injury after cardiac surgery. J Thorac Cardiovasc Surg. 2017 Jan;153(1):118-125.e1. doi: 10.1016/j.jtcvs.2016.09.016. Epub 2016 Sep 19.
16. Newland RF, Baker RA, Woodman RJ, Barnes MB, Willcox TW; Australian and New Zealand Collaborative Perfusion Registry. Predictive Capacity of Oxygen Delivery During Cardiopulmonary Bypass on Acute Kidney Injury. Ann Thorac Surg. 2019 Dec;108(6):1807-1814. doi: 10.1016/j.athoracsur.2019.04.115. Epub 2019 Jun 22.

17. Rasmussen SR, Kandler K, Nielsen RV, Cornelius Jakobsen P, Knudsen NN, Ranucci M, et al. Duration of critically low oxygen delivery is associated with acute kidney injury after cardiac surgery. Acta Anaesthesiol Scand. 2019 Nov;63(10):1290-1297. doi: 10.1111/aas.13457. Epub 2019 Sep 10.
18. Ranucci M, Johnson I, Willcox T, Baker RA, Boer C, Baumann A, et al. Goal-directed perfusion to reduce acute kidney injury: A randomized trial. J Thorac Cardiovasc Surg. 2018 Nov;156(5):1918-1927.e2. doi: 10.1016/j.jtcvs.2018.04.045. Epub 2018 Apr 18.
19. Mukaida H, Matsushita S, Yamamoto T, Minami Y, Sato G, Asai T, et al. Oxygen delivery-guided perfusion for the prevention of acute kidney injury: A 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.
20. Overdevest E, van den Heuvel E, van Hoeven M. A retrospective analysis of CO_2 derived goal-directed perfusion variables under normothermic conditions: do we need to re-evaluate threshold values? Perfusion. 2021 Nov;36(8):853-860. doi: 10.1177/0267659120972994. Epub 2020 Nov 17.
21. Baker RA. Variation in Measurement and Reporting of Goal Directed Perfusion Parameters. J Extra Corpor Technol. 2017 Jun;49(2):P2-P7.
22. Harky A, Joshi M, Gupta S, Teoh WY, Gatta F, Snosi M. Acute Kidney Injury Associated with Cardiac Surgery: a Comprehensive Literature Review. Braz J Cardiovasc Surg. 2020 Apr 1;35(2):211-224. doi: 10.21470/1678-9741-2019-0122.
23. Wang Y, Huang X, Xia S, Huang Q, Wang J, Ding M, et al. Gender differences and risk factors for acute kidney injury following cardiac surgery: A single center retrospective cohort study. Heliyon. 2023 Nov 14;9(12):e22177. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e22177.
24. Neugarten J, Golestaneh L. Female sex reduces the risk of hospital-associated acute kidney injury: a meta-analysis. BMC Nephrol. 2018 Nov 8;19(1):314. doi: 10.1186/s12882-018-1122-z.
25. Oprea AD, Del Rio JM, Cooter M, Green CL, Karhausen JA, Nailer P, et al. Pre- and postoperative anemia, acute kidney injury, and mortality after coronary artery bypass grafting surgery: a retrospective observational study. Can J Anaesth. 2018 Jan;65(1):46-59. English. doi: 10.1007/s12630-017-0991-0.
26. Garg AX, Badner N, Bagshaw SM, Cuerden MS, Fergusson DA, Gregory AJ, et al; TRICS Investigators and Perioperative Anesthesia Clinical Trials Group. Safety of a Restrictive versus Liberal Approach to Red Blood Cell Transfusion on the Outcome of AKI in Patients Undergoing Cardiac Surgery: A Randomized Clinical Trial. J Am Soc Nephrol. 2019 Jul;30(7):1294-1304. doi: 10.1681/ASN.2019010004. Epub 2019 Jun 20.
27. Jr Soletti G, Cancelli G, Dell'Aquila M, Caldonazo T, Harik L, Rossi C, et al. Re-exploration for bleeding and long-term survival after adult cardiac surgery: a meta-analysis of reconstructed time-to-event data. Int J Surg. 2024 Sep 1;110(9):5795-5801. doi: 10.1097/JS9.0000000000001765.

Palex Improving technologies
Improving lives

La nueva era
de la perfusión



CIRUGÍA CARDIACA
Jesús Serra Santamans, 5
08174 Sant Cugat del Vallès (Barcelona)
T +34 934 006 500 **F** +34 934 006 501

palexhealth.com

Essenz Perfusion System

CARL. A HEARTBEAT AHEAD

PuriFi™ by CytoSorbents

Tabla I: Clasificación AKIN

ESTADIO AKIN	CREATININA SÉRICA	DIURESIS
I	Incremento Cr >0,3 mg/dl o Aumento de Cr a 1,5-2 veces valor basal	< 0,5 ml/kg/h (>6h)
II	Aumento de Cr 2-3 veces valor basal	< 0,5 ml/kg/h (>12h)
II	Aumento Cr por encima de 3 veces el valor basal o Cr ≥ 4 mg/dl y aumento agudo de 0,5 mg/dl o Terapia renal sustitutiva	< 0,3 ml/kg/h (>24h) o Anuria >12h

Tabla II: Incidencia de LRA según patología intervenida

			DIAGNÓSTICO						
			CONG	CORO	CORO+VALV	VAL	DOBLE VAL	AORTA	Total
LRA	NO	Recuento	8	95	13	100	32	20	268
		% DTCO	80,0%	88,0%	52,0%	78,1%	82,1%	80,0%	80,0%
	SI	Recuento	2	13	12	28	7	5	67
		% DTCO	20,0%	12,0%	48,0%	21,9%	17,9%	20,0%	20,0%
Total		Recuento	10	108	25	128	39	25	335
		% DTCO	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabla III: Creatininas en proceso quirúrgico

	LRA	N	Media ± DE	MIN	MAX	p
CREAT BASAL	NO	268	0,90 ± 0,21	,30	1,47	0,011
	SI	67	1,00 ± 0,25	,46	1,47	
CREAT INGRESO UCI	NO	268	0,82 ± 0,21	,15	1,44	0,0001
	SI	67	1,06 ± 0,34	,45	2,62	
CREAT 24 H	NO	268	0,83 ± 0,24	,37	1,48	0,0001
	SI	67	1,54 ± 0,46	,68	2,71	
CREAT 48 H	NO	268	0,75 ± 0,25	,25	1,49	0,0001
	SI	67	1,55 ± 0,62	,52	3,81	
CREAT 72 H	NO	268	0,75 ± 0,25	,21	1,48	0,0001
	SI	67	1,43 ± 0,70	,39	3,66	
CREAT 96 H	NO	184	0,75 ± 0,23	,30	1,38	0,0001
	SI	62	1,29 ±0,67	,34	3,29	

Tabla IV: Parámetros GPD relacionados con el oxígeno

	LRA	N	MEDIA±DE	MIN	MAX	p
DO_2 (Aporte de O_2)	NO	268	274±51	154	435	<0,0001
	SI	67	246±47	143	377	
	Total	335	269±51	143	435	
	Tipo I	35	247±47	158	356	<0,0001
	Tipo II	14	258±45	197	377	
	Tipo III	18	234±51	143	316	
VO_2 (Consumo de O_2)	NO	268	65.0±11,9	39	109	0,677
	SI	67	64,6±11,2	41	98	
	Total	335	64,9±11,8	39	109	
	Tipo I	35	61,5±11,9	51	90	0,157
	Tipo II	14	67,4±10,6	50	98	
	Tipo III	18	68,4±8,9	54	86	
O_2ER (Ratio de extracción)	NO	268	0,24±0,05	0,14	0,38	<0,0001
	SI	67	0,27±0,06	0,15	0,40	
	Total	335	0,25±0,05	0,14	0,40	
	Tipo I	35	0,25±0,06	0,15	0,40	<0,0001
	Tipo II	14	0,27±0,04	0,19	0,34	
	Tipo III	18	0,31±0,06	0,14	0,34	

Gráfico 1. Correlación entre ERO_2 y SvO_2

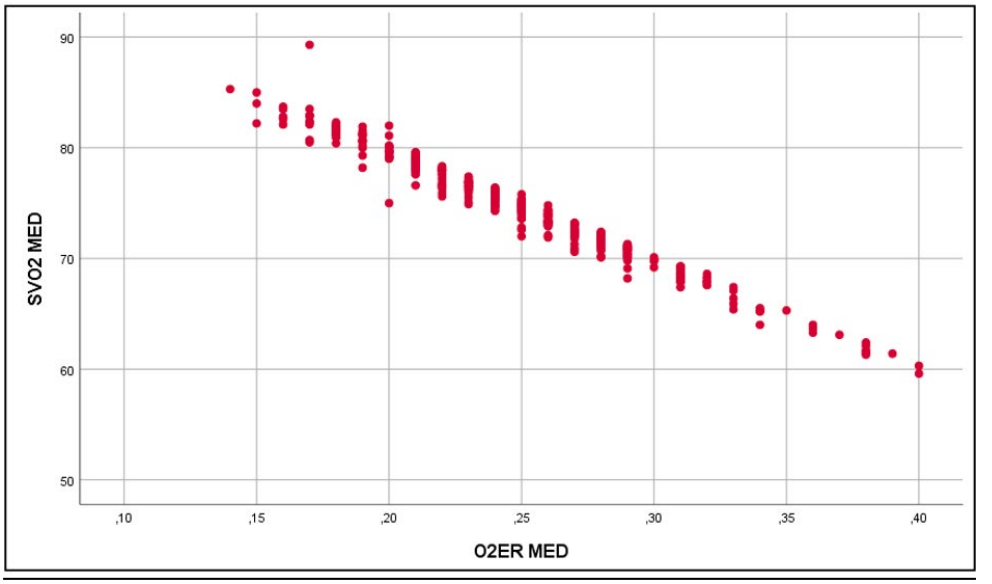
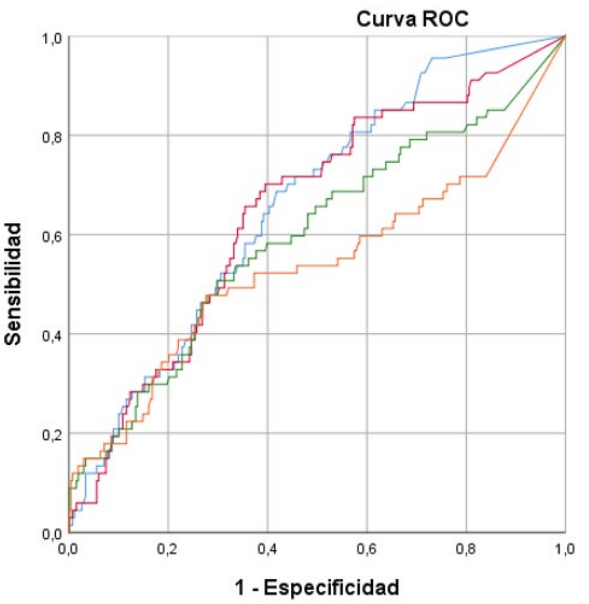


Gráfico 2. Curvas ROC del iDO_2



Origen de la curva

- MInutos <225
- Minutos <260
- Minutos <280
- Minutos <300

Área bajo la curva

<225	0,661
<260	0,649
<280	0,596
<300	0,537

Tabla V: Parámetros GPD del metabolismo del CO_2

	LRA	N	Media ± DE	MIN	MAX	p
$iVCO_2$ (Producción de CO_2)	NO	201	72,9 ± 14,2	37	100	0,456
	SI	59	74,4 ± 14,4	39	100	
	Total	260	73,2 ± 14,3	37	100	
$FeCO_2$ (% espirado CO_2)	NO	201	5,34 ± 0,72	2,86	7,89	<0,088
	SI	59	5,52 ± 0,64	3,83	7,71	
	Total	260	5,38 ± 0,71	2,86	7,89	
ecPR (Ratio de perfusión DO_2/ VCO_2)	NO	201	3,92 ± 0,97	1,98	6,49	0,001
	SI	59	3,45 ± 0,96	1,95	6,64	
	Total	260	3,81 ± 0,98	1,95	6,64	
CR (Cociente respiratorio VCO_2/VO_2)	NO	201	1,15 ± 0,28	0,52	2,13	0,526
	SI	59	1,18 ± 0,29	0,72	2,05	
	Total	260	1,16 ± 0,28	0,52	2,13	

Tabla VI: Hematocrito y hemoglobina en el periodo intraoperatorio

	LRA	N	Media ± DE	MIN	MAX	p
HB BASAL	NO	173	13,4 ± 1,7	8,7	19,5	<0,0001
	SI	38	12,2 ± 1,9	8,5	15,0	
	Total	211	13,2 ± 1,8	8,5	19,5	
HB BASAL	NO	268	40,2 ± 5,1	27	58	<0,0001
	SI	67	37,3 ± 6,4	20	50	
	Total	335	39,6 ± 5,5	20	58	
HTO PRE CEC	NO	261	37,4 ± 4,9	22	50	<0,0001
	SI	64	33,8 ± 6,3	19	46	
	Total	325	36,7 ± 5,4	19	50	
HTO NADIR CEC	NO	259	29,8 ± 4,4	18	41	<0,0001
	SI	64	27,2 ± 4,4	18	40	
	Total	323	29,3 ± 4,5	18	41	
HTO POST CEC	NO	260	31,8 ± 3,7	24	43	<0,0001
	SI	64	29,5 ± 3,3	22	36	
	Total	324	31,3 ± 4,1	22	43	
HTO MED SYSTEM M4	NO	268	31,0 ± 4,4	19,1	48,7	<0,0001
	SI	67	28,5 ± 4,0	21,4	40,8	
	Total	335	30,5 ± 4,5	19,1	48,7	

HB y HTO BASAL: son la hemoglobina y hematocrito de la analítica preoperatoria. HTO PRE CEC: es el hematocrito de la primera analítica en el quirófano previa a la CEC. HTO NADIR CEC: es el hematocrito más bajo durante la CEC registrado en la analítica realizada en el gasómetro. HTO POST CEC: es el hematocrito de la muestra arterial extraída 15 minutos después la administración de protamina. HTO MED SYSTEM M4: es la media de la medición continua hematocrito durante toda la CEC por el M4, quizás el dato más fiable durante el periodo intraoperatorio.

Tabla VII: Uso de concentrado de hematíes en quirófano

		CH CEC		CH TOTAL ANESTESIA		CH TOTAL QUIR	
		NO	SI	NO	SI	NO	SI
IRA	NO	236 (81,7%)	32 (69,6%)	205 (83,7%)	63 (70,0%)	192 (85,0%)	76 (69,7%)
	SI	53 (18,3%)	14 (30,4%)	40 (16,3%)	27 (30,0%)	34 (15,0%)	33 (30,3%)
	TOTAL	289	46	7,89	90	226	109
	p	0,057		0,006		0,001	
	OR(IC95)	1,95 (0,97-3,90)		2,20 (1,25-3,86)		2,45 (1,42-4,24)	

Tabla VIII: Uso de hemoderivados en quirófano

		PLASMA ANESTESIA		PLAQUETAS ANESTESIA		HEMODERIVADOS TOTAL QUIR	
		NO	SI	NO	SI	NO	SI
IRA	NO	246 (82,0%)	22 (62,9%)	212 (82,5%)	56 (71,8%)	152 (87,9%)	116 (71,6%)
	SI	54 (18,0%)	13 (37,1%)	45 (17,5%)	22 (28,2%)	21 (12,1%)	46 (28,4%)
	TOTAL	300	35	257	78	173	162
	p	0,007		0,039		<0,0001	
	OR(IC95)	2,69 (1,28-5,68)		1,85 (1,03-3,34)		2,87 (1,62-5,08)	