



Universidad de Valladolid

Facultad de Medicina

TRABAJO DE FIN DE GRADO

**TÍTULO: Influencia del INVOS en la
detección de la insuficiencia renal aguda
asociada a cirugía cardíaca del adulto.**

AUTOR: Sergio Sagrado Querol

TUTOR: Pablo Jorge Monjas

Valladolid, CURSO 2018/2019

RESUMEN

La insuficiencia renal aguda asociada a cirugía cardíaca (IRAACC) se ha establecido como el mayor factor de mortalidad en pacientes operados de patología cardiovascular. Se han realizado numerosos estudios con el objetivo de la predicción de esta entidad. Por un lado, la monitorización de los niveles de creatinina o de otros marcadores bioquímicos no nos permite un diagnóstico precoz. Por otro lado, la monitorización de la saturación cerebral de oxígeno, que es método establecido de medición, podría no correlacionarse lo suficiente con la incidencia de IRAACC. Se diseñó un estudio prospectivo (121 pacientes sometidos a cirugía cardíaca en 2017) con el objetivo de valorar la utilidad de la monitorización de la saturación renal de oxígeno durante 48 horas después de la cirugía para comprobar su predicción de IRAACC. Se comparó la correlación de la saturación cerebral y renal de oxígeno con la incidencia de IRAACC. La predicción por parte de la saturación renal de oxígeno quedó demostrada y por tanto concluimos que su monitorización continua mediante el dispositivo NIRS (INVOS) podría ser de gran utilidad.

PALABRAS CLAVE: Saturación regional de oxígeno (rSO₂); NIRS (espectroscopia del infra rojo cercano); Insuficiencia renal aguda asociada a cirugía cardíaca (IRAACC); Circulación Extracorpórea (CEC).

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Cirugía Cardíaca.....	3
1.1.1 Circulación Extra Corpórea.....	3
1.1.1.1 Componentes.....	3
1.1.1.2 Determinantes de perfusión sistémica.....	3
1.1.1.3 Complicaciones.....	4
1.2 Insuficiencia Renal Aguda.....	4
1.2.1 Concepto de IRA.....	4
1.2.2 CSA-AKI.....	6
1.2.3 Factores de riesgo.....	6
1.2.4 Diagnóstico.....	6
1.2.4.1 Biomarcadores renales.....	6
1.3 NIRS Cerebral y Renal (dispositivo INVOS).....	7
2. JUSTIFICACIÓN.....	8
3. HIPÓTESIS.....	8

4. OBJETIVOS.....	8
5. MATERIAL Y MÉTODOS.	9
5.1 Diseño del estudio.	9
5.2 Población del estudio.	9
5.3 Criterios de inclusión.	9
5.4 Criterios de exclusión.	9
5.5 Variables de estudio.	9
5.5.1 Variable principal.....	9
5.5.2 Variables independientes.....	10
5.5.2.1 Mediciones del NIRS.	10
5.5.3 Recogida de datos.	10
5.5.3.1 Características preoperatorias.	10
5.5.3.2 Características intraoperatorias.	10
5.5.3.2.1 Parámetros de laboratorio intraoperatorios.....	11
5.5.3.3 Características postoperatorias.....	11
5.5.3.3.1 Parámetros de laboratorio al ingreso, 6, 12, 24 y 48 horas en reanimación.....	11
5.6 Análisis estadístico.....	11
6. RESULTADOS.....	12
6.1 Características de la Muestra.....	12
6.2 Comparación de pacientes con y sin IRAACC.....	12
6.3 Correlación entre bSO_2 y kSO_2	13
6.4 Comparación de bSO_2 y kSO_2 y el riesgo de desarrollar IRAACC.....	13
6.5 Curva ROC para predecir IRAACC.....	14
7. DISCUSIÓN.....	14
7.1 Principales descubrimientos.....	14
7.2 La importancia de la monitorización de kSO_2 en el postoperatorio de Cirugía Cardíaca.....	15
7.3 La limitación de la monitorización de la bSO_2 en Cirugía Cardíaca.....	15
7.4 Factores de Riesgo Independiente para el Desarrollo de IRAACC.....	16
7.5 Actuales controversias y la Importancia del NIRS.....	16
7.6 Aplicaciones de los resultados.....	17
7.7 Limitaciones del estudio.....	18
8. CONCLUSIONES.....	18
9. BIBLIOGRAFÍA.....	19
10. ANEXOS.....	21

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Cirugía Cardíaca.

Tipo de abordaje impensable hasta inicios del siglo XX por la importancia del órgano que se operaba, así como su difícil exposición al exterior. Sin embargo, numerosos avances consiguieron que cambiara este axioma. Algunos de estos hitos fueron la proposición de la cirugía de revascularización miocárdica por parte de Alexis Carrel en 1913 o bien la sistematización de un proceder quirúrgico concreto por parte de René Favaloro, al que se le atribuye la mayor parte de la fama y el éxito de esta intervención. Otro hecho que cambió la historia de la cirugía cardíaca fue el inicio de la circulación extracorpórea (CEC), introducida por John Gibbon.

1.1.1 Circulación Extra Corpórea

John Gibbon, en 1953, consiguió realizar la primera cirugía cardíaca abierta con el apoyo de una “máquina corazón-pulmón” que él mismo había desarrollado. En cuanto al oxigenador, no se pudo introducir hasta el desarrollo de la anestesia y métodos quirúrgicos modernos, así como la introducción de la heparina y la construcción de plásticos biocompatibles. La primera CEC realizada en España tuvo lugar en la Clínica de la Concepción de Madrid, en una cirugía de estenosis pulmonar llevada a cabo por Rábago en 1958.

1.1.1.1 Componentes.

Los principales componentes de la CEC son: línea venosa, reservorio venoso, oxigenador (de membrana o de burbujas), intercambiador de calor, bomba (de rodillo, impulsor y centrífuga), línea arterial, solución de perfusión (cebado de la máquina), filtro (de émbolos), microfiltros, reservorio de cardiotoromía (almacenamiento de toda la sangre del campo quirúrgico), deaireación o *Vent* (vaciamiento del ventrículo izquierdo de la sangre que llega a la aurícula izquierda por el circuito bronquial), cardioplejia (detiene el corazón en diástole).

1.1.1.2 Determinantes de perfusión sistémica.

Se pueden incluir:

-Velocidad de flujo de sangre: es el consumo de oxígeno el que marca el gasto cardíaco que debe suministrarse. Ronda los 250ml/min (1).

-Presión arterial: depende de la velocidad, viscosidad y resistencias vasculares periféricas.

-Hematocrito: el aumento de éste, hace que suba el aporte de oxígeno, pero enlentece el flujo por ascenso de la viscosidad.

-Temperatura: la hipotermia por un lado es deseable ya que produce neuroprotección y protege el miocardio, sin embargo, también produce coagulopatía, aumenta las resistencias vasculares periféricas, enlentece la recuperación cardíaca e incrementa la probabilidad de hipotermia cerebral (2).

-pH: varían en función de los cambios térmicos.

1.1.1.3 Complicaciones.

La cirugía cardíaca engloba numerosos procedimientos complejos, que conllevan un riesgo aumentado de padecer numerosas complicaciones sistémicas. Las complicaciones asociadas a la cirugía cardíaca son variadas y su aparición acarrea un aumento de la morbi-mortalidad de los pacientes. En este trabajo de investigación, nos centraremos en la descripción de la insuficiencia renal aguda.

1.2 Insuficiencia Renal Aguda.

La insuficiencia renal aguda (IRA) es una entidad fuertemente correlacionada con la cirugía cardíaca, especialmente si dicho procedimiento se realiza con CEC. Es importante destacar que es el factor de riesgo más relevante en la cirugía cardíaca en términos de mortalidad. De hecho, según la evidencia científica actual, podemos decir que en sus estadios más avanzados, aumenta la Odds Ratio (OR) de mortalidad postoperatoria de 3 a 8 veces (3, 4). Así mismo, también incrementa los tiempos de estancia en UCI, estancia hospitalaria y costos de la atención sanitaria.

1.2.1 Concepto de IRA.

Los criterios de IRA se han modificado a lo largo de los últimos años. De esta manera, si el umbral para considerar enfermo a un paciente se mueve hacia valores más sanos o más enfermos, se modifican sensibilidad y especificidad de esa prueba diagnóstica. Esto dificultó mucho estandarizar un método diagnóstico durante décadas. De hecho, existieron a lo largo de todo este tiempo más de treinta intentos de estandarización.

En 2004, Bellomo y colaboradores crearon la clasificación *RIFLE* (*Risk, Injury, Failure, Loss and End-stage Kidney disease*).

En 2007, se realizó una revisión de la escala *RIFLE* por parte del grupo *AKIN* (*Acute Kidney Injury Network*). Las principales novedades fueron: (1) la eliminación de la Tasa de Filtración Glomerular como criterio de clasificación, (2) acortamiento del tiempo para valorar la creatinina de 7 a 2 días, (3) modificación en la Cr de 0.3 mg/dL es el

mínimo considerado como IRA y (4) dejan de considerarse las dos últimas etapas de RIFLE.

Por último, la *KDIGO* (*Kidney Disease Improving Global Outcome*) establece una nueva definición en la que diagnostica IRA cuando se cumple cualquiera de los tres requisitos: (1) aumento de la Cr en un 50% en 7 días, (2) aumento de la Cr mayor de 0.3mg/dL en 48 horas u (3) oliguria [Ver tabla 1].

	RIFLE	AKIN		KDIGO		
Definición	Cr >1,5 basal a los 7 días	Cr >1,5 basal > 48 h o ↑ Cr of 0,3 mg/dl > 48 h		Cr >1,5 basal > 7 días o ↑ Cr 0,3 mg/dl > 48 h	Diuresis	
Clase Riesgo	↑ Cr x 1.5 o ↓ TGF > 25%	Estadi 1	Cr >1,5 basal o ↑ > 0,3 mg/dl	Estad 1	Cr >1,5 basal o ↑ > 0,3 mg/dL	<0,5 mL/Kg/h x 6 h
Lesión	↑ Cr x 2 o ↓ TFG > 50%	2	Cr >2 basal	2	Cr >2 basal	<0,5 mL/Kg/h x 12 h
Fallo	↑ Cr x 3 o ↓ TFG > 75%	3	Cr >3 basal or ↑ Cr > 4,0 mg/dl (aumento súbito de al menos 0,5 mg/dL) or ↑ TRR	3	Cr >3 basal o ↑ > 4,0 mg/dl o ↑ TRR	<0,5 mL/Kg/h x 24 h
Pérdida	Insuficiencia renal aguda persistente con pérdida completa de la función renal > 4 semanas					
Fase Terminal	TRR requerida por >3 meses					

Tabla 1.

Lo que se prevé con respecto a las clasificaciones es que la *KDIGO* se acabará estableciendo en detrimento de las otras dos, debido a que es más sensible y predice mejor la mortalidad hospitalaria con relación a la IRA. Aun así, estos criterios más modernos aún están lejos de diferenciar la causa de la lesión (prerenal *versus* renal, isquémica *versus* nefrotoxicidad...).

1.2.2 CSA-AKI.

CSA-AKI, de sus siglas en inglés, *Cardiac Surgery Associated – Acute Kidney Injury* es el concepto producto de un amplio estudio sobre la asociación entre la exposición de los pacientes a una cirugía cardíaca (CEC) y el desarrollo de una lesión renal aguda.

1.2.3 Factores de riesgo.

Se clasifican en tres grupos:

-Factores de riesgo preoperatorios: Patología renal, edad avanzada, sexo femenino, insuficiencia cardíaca grado 3 de la *NYHA*, diabetes mellitus, EPOC, hepatopatía, vasculopatía periférica, fármacos que afectan a la autorregulación renal (IECAS, AINES).

-Factores de riesgo intraoperatorios: cirugía emergente, reintervención, cirugía combinada (sustitución valvular y revascularización, por ejemplo), CEC no pulsátil o con hipotermia, duración de la CEC mayor de 100 minutos.

-Factores postoperatorios: situaciones de bajo gasto cardíaco, hipotensión, vasoconstricción intensa, infecciones, fármacos (cefalosporinas, aminoglucósidos, IECAS).

1.2.4 Diagnóstico.

Actualmente, existe un gran interés en la detección precoz de esta complicación. Además del diagnóstico temprano de IRA, es indispensable la identificación de pacientes a riesgo de padecerla, con el fin de poner en marcha precozmente terapias profilácticas o dirigidas por objetivos.

1.2.4.1 Biomarcadores renales.

Cabe mencionar que los criterios *KDIGO*, *AKIN* y *RIFLE* si bien fueron útiles para definir la insuficiencia renal, son bastante fútiles en la identificación precoz de esta patología. La principal causa de esto es que se basan en la creatinina como marcador principal, cuando es un parámetro que no se modifica hasta que no se ha perdido el 50% de la función renal. Es decir, que es un marcador tardío (5, 6). Además, los valores de creatinina suelen descender después de la CEC por la hemodilución, por lo que produciría un posible infradiagnóstico.

El biomarcador idílico sería uno detectable de forma no invasiva, y que tenga una especificidad y sensibilidad aceptables dentro del primer día del inicio de la insuficiencia renal, además de medirse de forma rápida y que la prueba sea

reproducibile. Además sería deseable que nos permitiera realizar una monitorización de la función renal en tiempo real. Dicho biomarcador ideal aún no se ha encontrado (7).

Sin embargo, sí que se han encontrado algunos que podrían tener importancia en investigación: cystatin C, IL-18, Hecpidina, Calprotectina urinaria, TLR-3, beta-2 microglobulina...

Queda abierta la incógnita sobre si los biomarcadores renales podrían ser la solución definitiva a este problema.

1.3 NIRS Cerebral y Renal (dispositivo INVOS).

La Espectrometría de Infrarrojo cercano o *NIRS (Near-Infra-Red Spectometry)* se basa en una medición en tiempo real, regional, no invasiva, de la saturación de oxígeno, que nos determina cómo se encuentra el balance entre la oferta y la demanda de este gas.

El valor que nos ofrece para informar sobre este balance es la rSO_2 (8) (de las siglas Saturación Regional de Oxígeno). La rSO_2 surge de la integración de la saturación arterial y venosa de oxígeno (9), por lo que, al contrario que ocurre con la pulsioximetría, dicha técnica no puede diferenciar sangre venosa de la arterial. Este último punto tiene importancia en la monitorización, ya que la sangre venosa es la causante del 70% de la absorción de radiación en el cerebro, por lo cual una desaturación cerebral nos informa principalmente de un aumento de la extracción de oxígeno en dicho órgano (10).

El *NIRS* toma especial relevancia en la monitorización de la terapia guiada por objetivos. Y es que se ha demostrado que la monitorización convencional es insuficiente para detectar de forma sensible un síndrome de bajo GC (11, 12).

El fundamento físico del dispositivo que usamos se fundamenta en la radiación emitida por un diodo láser y su consiguiente reflexión, deflexión, dispersión y absorción (13).

El uso del *NIRS* está principalmente destinado a medir la saturación de oxígeno cerebral, siendo Jobsis el pionero de la técnica en 1977. Sin embargo, también ha demostrado que puede detectar déficits en el sistema circulatorio de otros órganos específicos como el riñón o el intestino.

El dispositivo *NIRS* conectado a un monitor *INVOS_{tm}* puede servirnos para monitorizar la rSO_2 en otros lugares, como la renal, usando el sensor en dichas zonas concretas.

Muchos estudios observacionales prospectivos han probado que los valores de rSO_2 obtenidos del *NIRS* tienen correlación con parámetros usados para valorar el sistema cardiovascular global, incluyéndose la saturación venosa de oxígeno y los indicadores de shock (14).

2. JUSTIFICACIÓN.

La insuficiencia renal aguda es una de las complicaciones más frecuentes y graves en el postoperatorio de cirugía cardíaca.

Pese a los movimientos que se han realizado hacia su predicción precoz, no existen ni unos criterios con gran sensibilidad, ni un marcador ideal para esta función.

Mediante el *NIRS* se busca una forma de monitorización continua y no invasiva de predecir la aparición de IRAACC. La forma más frecuente de utilización del *NIRS* se ha basado en la medición de la saturación cerebral de oxígeno, pero también puede realizarse una medición de la saturación renal de este gas.

Hasta este momento, la mayoría de estudios sobre saturación renal de oxígeno se habían centrado en el control de valores intraoperatorios. Sin embargo, en este estudio se priorizaría el período postoperatorio, el cual puede tener gran importancia en el desarrollo de insuficiencia renal aguda.

3. HIPÓTESIS.

La saturación renal de oxígeno (kSO_2) postoperatoria guarda una relación más fuerte con la insuficiencia renal aguda asociada a cirugía cardíaca (IRAACC) que la saturación cerebral del oxígeno (bSO_2) postoperatoria.

4. OBJETIVOS.

El objetivo global es comprobar si existe una relación de predicción entre los valores de la kSO_2 postoperatoria y la insuficiencia renal aguda asociada a cirugía cardíaca postoperatoria.

En cuanto a criterios más característicos:

- Queremos confrontar las modificaciones de la bSO_2 y kSO_2 .

- Valorar el beneficio de usar la kSO_2 en el vaticinio de la aparición de insuficiencia renal aguda asociada a cirugía cardíaca.

5. MATERIAL Y MÉTODOS.

5.1 Diseño del estudio.

Estudio observacional prospectivo en pacientes intervenidos con circulación extracorpórea (CEC) por cirugía cardíaca.

El estudio (código PI 19-1362) fue aprobado por el CEIC Área de Salud Valladolid Este (Hospital Clínico Universitario de Valladolid). Cada paciente firmó su consentimiento informado para ser incluido en el estudio.

5.2 Población del estudio.

En el estudio fueron incluidos consecutivamente un total de 121 pacientes, mayores de 18 años, operados en el Hospital Clínico Universitario de Valladolid (centro médico de tercer nivel asistencial que cuenta con 800 camas), desde enero hasta septiembre de 2017.

5.3 Criterios de inclusión.

Los criterios de inclusión son: pacientes mayores de 18 años intervenidos mediante circulación extracorpórea, que conocen la metodología del estudio y que aceptan libremente formar parte de éste.

5.4 Criterios de exclusión.

Los criterios de exclusión son: obesidad, cirugía de emergencia; trastornos neurocognitivos; tratamiento con fármacos antipsicóticos; insuficiencia renal crónica establecida, cirugía coronaria sin circulación extracorpórea, trasplantado cardíaco o renal, necesidad de membrana de oxigenación extracorpórea o cualquier otro dispositivo de asistencia ventricular.

5.5 Variables de estudio.

5.5.1 Variable principal.

Tomamos por variable principal la Insuficiencia Renal Aguda Asociada a Cirugía Cardíaca (IRAACC, *CSA-AKI* de las siglas en inglés). Para definirla tomamos los criterios *KDIGO* (ascenso de Cr en plasma ≥ 0.3 mg/dL en las primeras 48 horas o un

ascenso de Cr en plasma ≥ 1.5 veces el valor inicial, en los primeros 7 días después de la cirugía) (15).

5.5.2 Variables independientes.

Incluimos dentro de éstas: factores predisponentes para insuficiencia renal preoperatorios, intraoperatorios y postoperatorios, además de los parámetros de monitorización cardiovascular y analíticos medidos tanto durante el ingreso como a las 6, 12, 24 y 48 horas en la Unidad de Reanimación de cirugía cardíaca.

5.5.2.1 Mediciones del NIRS

Previamente a la administración de todos los cuidados por parte de anestesia, se conecta un monitor de NIRS (INVOS™ 5100C; Medtronic, Inc., Minneapolis, MN, USA), que emite: dos sensores para cada zona frontal izquierda y derecha del paciente (para monitorizar la saturación cerebral de oxígeno, bSO_2 en inglés) y otros dos sensores para cada zona renal izquierda y derecha del paciente (para monitorizar la saturación renal de oxígeno, kSO_2 en inglés).

Se realiza una cuantificación previa a la inducción anestésica y después una monitorización continua cada 30 segundos, tanto durante la cirugía como después de ésta, hasta pasadas 48 horas de finalizar la cirugía.

Se tomaron como variables operativas las desaturaciones de bSO_2 y kSO_2 por debajo de distintos umbrales: 70, 65, 60 y 55%. También se consideraron los descensos superiores a 5, 10, 15, 20, 25 y 30% en relación al valor basal. Se tomó en consideración el tiempo de duración de cada desaturación. Durante la cirugía y seguimiento posterior, solo se tomaron iniciativas para mejorar los datos de monitorización cardiovascular del paciente en desaturaciones muy acusadas.

5.5.3 Recogida de datos.

5.5.3.1 Características preoperatorias.

Género, peso, talla, IMC (Índice de Masa Corporal), edad, morbilidad previa (incluyendo las patologías y tratamientos que recibiera), antecedentes de cirugía cardíaca, valores de creatinina preoperatoria, FEVI (Fracción de Eyección del Ventrículo Izquierdo), subtipo de cirugía cardíaca a la que sea sometido, EuroSCORE.

5.5.3.2 Características intraoperatorias.

Tiempo de duración de la CEC, así como del clampaje de la arteria aorta, requerimiento de fármacos inotrópicos o de administración de sueroterapia.

5.5.3.2.1 Parámetros de laboratorio intraoperatorios.

Valor máximo de ácido láctico y hemoglobina mínima intraoperatoria.

5.5.3.3 Características postoperatorias.

Ventilación Mecánica Prolongada (duración >48 horas), fármacos inotrópicos, transfusiones sanguíneas, necesidad de reintervención, infecciones, sepsis, duración de su estancia en reanimación, mortalidad, vasoplejia (índice cardíaco normal con requerimiento de uno o más vasopresores para conseguir una PAM de 70 mmHg (16)), síndrome de bajo gasto cardíaco (índice cardíaco menor de 2,2 L/min/m²).

5.5.3.3.1 Parámetros de laboratorio al ingreso, 6, 12, 24 y 48 horas en reanimación.

Hematocrito (Hto), hemoglobina (Hb), proteína C reactiva (PCR), procalcitonina (PCT), ácido láctico, creatinina (Cr), troponina T.

5.6 Análisis estadístico

Las variables categóricas se representaron mediante porcentajes, mientras que las cuantitativas como la media \pm desviación estándar (DE) o la mediana (rango intercuartílico).

Las asociaciones entre IRAACC y el resto de variables se establecieron utilizando χ^2 (chi cuadrado) o el test exacto de Fisher (si las frecuencias que se esperaban eran menores a 5) para las variables cualitativas; y la prueba *t de Student* (distribución normal) y la *U de Mann-Whitney* (distribución no normal) para las variables cuantitativas continuas.

Todas las variables se sometieron a un análisis de regresión logística univariante, obteniendo, mediante un *bootstrapping*, intervalos de confianza al 95%. Además, se estableció un modelo de regresión logística multivariante. Los procesos de valoración de validez interna se consiguieron a través de *bootstrapping*, un muestreo aleatorio con validación cruzada de 100 veces. Se midió la precisión estudiando el área bajo la curva (*AUC-ROC: Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve*, en inglés).

Las correlaciones se usaron para conocer la asociación entre *bSO₂* y *kSO₂*. Los resultados fueron expresados como la *odds ratio (OR)* mediante un intervalo de confianza al 95%. El P valor < 0.05 es el valor que otorga significación estadística a nuestros resultados. El análisis estadístico se llevó a cabo con el programa IBM SPSS versión 24.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

6. RESULTADOS.

6.1. Características de la Muestra.

Fueron 35 los pacientes que sufrieron IRAACC. En la tabla 2 pueden verse los factores preoperatorios, intraoperatorios y postoperatorios que obtuvieron un resultado significativo con respecto a la aparición de la enfermedad.

VARIABLES	n 121 (%)	No IRAACC (86)	IRAACC (35)	p valor
Preoperatorio				
Edad (años), mediana (IQR)	70 (64-75)	68 (61-74)	72 (67-76)	0,047
EuroSCORE II, mediana (IQR)	2,9 (1,5-4,7)	2,4 (1,3-4,1)	3,7 (2,4-5,9)	0,004
Comorbilidades				
EPOC	12 (9,9)	4 (4,7)	8 (22,9)	0,005
Intraoperatorio				
CEC, min, mediana (IQR)	109,0 (90,5-139,0)	96,0 (81,8-130,5)	134,0 (120,0-170,0)	<0,001
Clampaje aórtico, min, mediana (IQR)	80,0 (63,0-110,5)	74,5 (60,0-103)	105,0 (85,0-119,0)	0,001
Postoperatorio				
SvO2 12h, media ± SD	67,2 ± 8,9	68,8 ± 8,6	64,3 ± 12,8	0,023
SvO2 24h, media ± SD	65,7 ± 9,5	67,1 ± 9,2	62,5 ± 9,7	0,017
VIS	3,0 (0,0-10,5)	0,0 (0,0-6,3)	14,0 (0,0-45,0)	<0,001
Oliguria (<30 mL/Kg ⁻¹ /h ⁻¹)	18 (14,9)	1 (1,2)	17 (48,6)	<0,001

Tabla 2. IQR: Rango intercuartílico. SD: Desviación estándar. n: tamaño de la muestra.

6.2. Comparación de pacientes con y sin IRAACC.

Los pacientes que padecieron insuficiencia renal aguda asociada a cirugía cardíaca tuvieron más complicaciones. En la tabla 3 pueden observarse los que se relacionaron significativamente.

VARIABLES	n 121 (%)	No IRAACC (86)	IRAACC (35)	P valor
Reintervención	11 (9,1)	3 (3,5)	8 (22,9)	0,002
Delirium	14 (11,6)	6 (7,0)	8 (22,9)	0,024
Sepsis	3 (2,5)	0 (0,0)	3 (8,6)	0,023
Infección	18 (14,9)	9 (10,5)	9 (25,7)	0,033
Paro Cardiorespiratorio	3 (2,5)	0 (0,0)	3 (8,6)	0,023
Bajo Gasto Cardíaco	34 (28,1)	17 (19,8)	17 (48,6)	0,001
Vasoplejia	13 (10,7)	4 (4,7)	9 (25,7)	0,002
Neumonía	6 (5,0)	1 (1,2)	5 (14,3)	0,008
VMP	9 (7,5)	1 (1,2)	8 (23,5)	<0,001
Disfunción hepática	19 (15,7)	9 (10,5)	10 (28,6)	0,013
Transfusión masiva	16 (13,2)	5 (5,8)	11 (31,4)	<0,001
Estancia UCI, días, mediana (IQR)	3,0 (2,0-4,0)	3 (2,0-4,0)	4,0 (3,0-6,0)	<0,001
Estancia hospitalaria, días, mediana (IQR)	12,0 (9,0-15,0)	11,0 (9,0-14,0)	15,0 (10,0-24,0)	<0,001

Tabla 3. IQR: Rango intercuartílico. VPM: ventilación mecánica prolongada.

6.3. Correlación entre bSO_2 y kSO_2 .

Se utilizó la *rho de Spearman* (propia de variables no paramétricas) con el objetivo de comprobar la relación entre la bSO_2 y la kSO_2 (que son variables con distribución no normal). En la tabla 4 se representa mediante el valor de la rho (ρ) la correlación entre la bSO_2 y la rSO_2 tanto derecha (R de *right*) como izquierda (L de *left*).

	bSO_2 L	bSO_2 R	kSO_2 L	kSO_2 R
bSO_2 L	1,000	0,827*	0,375*	0,401*
bSO_2 R	0,827*	1,000	0,321*	0,403*
kSO_2 L	0,375*	0,321*	1,000	0,814*
kSO_2 R	0,401*	0,403*	0,814*	1,000

Tabla 4.

* Correlación significativa ($p < 0.001$).

Se puede concluir que existe fuerte correlación entre las saturaciones renales izquierda y derecha, así como entre las saturaciones cerebrales derecha e izquierda. Sin embargo, la correlación es débil entre la kSO_2 y bSO_2 , tanto en el lado izquierdo como en el derecho.

6.4. Comparación de bSO_2 y kSO_2 y el riesgo de desarrollar IRAACC.

En la tabla 5 pueden observarse los resultados con significación estadística en la comparación entre la IRAACC y las desaturaciones expresadas mediante valor absoluto y como desaturaciones con respecto al nivel basal de rSO_2 (saturación regional de O₂). No hubo relación significativa entre desaturaciones de bSO_2 y la IRAACC, por lo que no se representan en la tabla.

	n 121 (%)	No IRAACC (86)	IRAACC (35)	p value
kSO_2				
< 70%	46 (0-479)	30 (0-332)	194 (25-817)	0,005
< 65%	0 (0-39)	0 (0-32)	16 (0-103)	0,001
< 60%	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-9)	0,001
< 55%	0 (0-1)	0 (0-0)	0 (0-1)	0,013
Descenso desde el valor basal				
>15%	86 (0-896)	67 (0-684)	214 (5-4221)	0,050
>20%	3 (0-95)	0 (0-60)	18 (0-1133)	0,013
>25%	0 (0-15)	0 (0-1)	4 (0-159)	<0,001
>30%	0 (0-5)	0 (0-0)	0 (0-6)	0,009

Tabla 5. kSO_2 : saturación renal de oxígeno en valores absolutos.

En la tabla 6 se representa el análisis de regresión logística, tanto univariante como multivariante, de la relación entre la kSO_2 y la incidencia de IRAACC ajustado por tiempo de CEC y por edad. [Véase los diagramas de cajas en anexo VII].

	OR No ajustado (95% IC)	p-valor	β - Coeficiente	ES	Ajustado OR (95% IC)	p-valor
kSO₂						
< 65%	5,179 (2,189-12,249)	0,000	1,371	0,547	3,940 (1,564-9,925)	0,004
< 60%	3,986 (1,674-9,490)	0,002	1,104	0,540	3,015 (1,192-7,624)	0,020
< 55%	3,907 (1,323-11,533)	0,014	1,187	0,688	3,278 (1,063-10,108)	0,039
Descenso desde valor basal						
> 20%	2,252 (0,972-5,218)	0,058	0,992	0,530	2,697 (1,068-6,807)	0,036
> 25%	3,896 (1,682-9,022)	0,002	1,280	0,459	3,597 (1,462-8,851)	0,005
> 30%	3,182 (1,252-8,085)	0,015	1,053	0,564	2,865 (1,069-7,697)	0,036
Edad	1,040 (0,992-1,089)	0,167	0,065	0,032	1,068 (1,002-1,137)	0,042
CEC (min)	1,017 (1,007-1,026)	0,002	0,016	0,005	1,016 (1,005-1,026)	0,003

Tabla 6. kSO₂: saturación renal oxígeno en valores absolutos. IC: intervalo confianza.

6.5. Curva ROC para predecir IRAACC.

En la tabla 7 se representa el análisis de la curva ROC sobre la predicción de la desaturación de kSO₂ en IRAACC. [Véase las curvas ROC en anexo VI].

kSO ₂	AUC	ES	IC (95%)	Sensibilidad	Especif.	p-value
kSO₂						
< 70%	0,660	0,054	0,555-0,766	85,7	33,7	0,006
< 65%	0,679	0,054	0,573-0,785	71,4	67,4	0,002
< 60%	0,652	0,059	0,535-0,768	45,7	82,6	0,010
< 55%	0,588	0,061	0,469-0,708	27,4	91,9	0,013
Descenso desde el valor basal						
> 20%	0,639	0,059	0,523-0,755	67,6	51,9	0,019
> 25%	0,679	0,058	0,566-0,793	58,8	73,2	0,002
> 30%	0,609	0,061	0,490-0,728	35,3	85,4	0,006

Tabla 7. kSO₂: saturación renal oxígeno en valores absolutos. IC: intervalo confianza.

7. DISCUSIÓN.

7.1. Principales descubrimientos.

- Los descensos intraoperatorios de saturaciones renal y cerebral de oxígeno no tuvieron asociación con la insuficiencia renal aguda asociada a cirugía cardíaca.
- La duración de la CEC y la edad del paciente sí guardaron correlación con la IRAACC.
- No existió relación entre los descensos de bSO₂ postoperatoria y la IRAACC.

- Descensos de la kSO_2 por debajo del 65% (valor absoluto) o descensos mayores del 20% con respecto al valor basal a lo largo del postoperatorio se correlaciona con IRAACC de forma significativa.

7.2. La importancia de la monitorización de kSO_2 en el postoperatorio de Cirugía Cardíaca.

Se han realizado varios estudios sobre la correlación entre kSO_2 y la IRAACC de forma intraoperatoria, pero han sido escasos los que se han dedicado a comprobar la relación con la monitorización de las 24 horas postquirúrgicas (17, 18).

Con respecto a la presión arterial media, cabe destacar que no contamos con una PAM ideal para evitar la aparición de IRAACC. En nuestro estudio, tanto los pacientes con IRAACC como los pacientes sin esta enfermedad, presentaron una PAM mayor de 50 mmHg a lo largo de toda la cirugía. Azau et al. establecieron que elevando la PAM no se disminuye la aparición de IRAACC (19).

Deben considerarse el gran número de factores que favorecen la progresión hacia IRAACC. Todos ellos modifican la kSO_2 , por lo que es un dato más a favor de la monitorización continua de dicho parámetro. Algunos de estos factores son el síndrome de bajo gasto cardíaco, la descarga catecolaminérgica, el SRIS, la vasoplejia, el uso de penicilinas, inhibidores del eje renina-angiotensina-aldosterona, los aminoglucósidos, los AINES.

7.3. La limitación de la monitorización de la bSO_2 en Cirugía Cardíaca.

La monitorización mediante NIRS es un método ya establecido en el control de la bSO_2 intraoperatoria en cirugía cardíaca (20). Sin embargo, no ocurre lo mismo con el método de monitorización de la kSO_2 , cuyo uso es mucho menos común.

Slater et al. demostraron que descensos de la bSO_2 intraoperatoria se relacionan con desenlaces patológicos como ictus y prolongación de ingresos hospitalarios (20-22).

En nuestro estudio no se demostró relación entre las saturaciones de oxígeno cerebral y renal, presumiblemente por la autorregulación por parte del cerebro (23). Según Olbrecht y cols., la saturación de oxígeno cerebral se mantiene constante pese a situaciones de presión arterial disminuida, lo cual apoya la idea de que existe una regulación del aporte de oxígeno que recibe el cerebro dependiendo de la demanda en cada momento (24).

Otros estudios han llegado a la misma conclusión con respecto a la necesidad de monitorizar la saturación de oxígeno en varios puntos del organismo si se quiere tener información fehaciente sobre su perfusión (20, 25-27).

7.4. Factores de riesgo independientes para el desarrollo de IRAACC.

El estudio estadístico demostró que tanto la edad avanzada como un tiempo de CEC muy prolongado están correlacionados de forma significativa con la aparición de IRAACC. Estos descubrimientos apoyan la teoría de la multifactorialidad en el desarrollo de la insuficiencia renal aguda asociada a cirugía cardíaca (28).

Por un lado la edad es un factor predisponente ya demostrado para la IRA (Insuficiencia Renal Aguda). Además, se utiliza en varias escalas de predicción de la IRAACC, como por ejemplo la *Society of Thoracic Surgeons* o el *EuroSCORE* (29).

Por otro lado, sabemos que la CEC tiene una serie de consecuencias que se resumen fisiopatológicamente en un síndrome de respuesta inflamatoria sistémica. Es lógico pensar que a medida que el tiempo de agresión se alarga, las consecuencias sobre el daño renal son mayores.

Por último, también existe un elemento importante de modificación de la incidencia de IRAACC, que es el tipo de cirugía cardíaca que se realiza. Además de haber quedado plasmado en este estudio, ya había sido demostrado que la cirugía combinada (coronaria y valvular en la misma intervención) se asocia a mayor incidencia de IRAACC.

Debido a la difícil estandarización de un método diagnóstico de la insuficiencia renal aguda, tenemos resultados muy variados con respecto a la incidencia de IRAACC en los distintos estudios de las últimas décadas. El rango de incidencia oscila desde el 7% al 40%. El resultado en nuestro análisis fue del 28,9%.

7.5. Actuales controversias y la importancia del NIRS.

En la cirugía cardíaca, al igual o en mayor proporción que ocurre en otras cirugías, existe una situación de agresión hacia la homeostasis cardiovascular y el aporte de oxígeno. Según las guías actuales, esta situación debe manejarse mediante la estrategia conocida como terapia dirigida por objetivos. Este tipo de manejo se basa en controlar parámetros que miden directa o indirectamente la perfusión sistémica: índice cardíaco, presión arterial media, saturación venosa central de oxígeno y lactato.

El problema que existe con estos indicadores es que informan sobre la perfusión global, pero no sobre la perfusión o la saturación regional de oxígeno. El *NIRS* se

usaría precisamente para solucionar este problema. En nuestro caso, lo usaríamos para monitorizar la saturación renal de oxígeno (14) de una forma continua, no invasiva y a tiempo real (17).

La reducción del AUC tomando como referencia la línea basal es presumiblemente mejor indicador que los valores aislados de kSO_2 , debido a que considera tanto magnitud como tiempo que perdura la desaturación. En cuanto a los biomarcadores urinarios, sí que han demostrado predecir la IRAACC mediante mediciones postoperatorias, al igual que la kSO_2 . Sin embargo, no pueden ser monitorizados de forma continua, no invasiva ni a tiempo real, a parte de suponer un gasto mucho mayor en comparación con la monitorización de la kSO_2 mediante el NIRS.

7.6. Aplicaciones de los resultados

Debe tenerse en cuenta que la elevación de creatinina podría no aparecer hasta pasados 7 días de la operación (si nos atenemos a los criterios KDIGO). Sin embargo, la monitorización mediante el *NIRS* nos ha proporcionado información significativa durante los primeros 2 días posoperatorios. Por tanto, podría decirse que éste último método nos otorga un rango de tiempo de ventaja para poder tomar decisiones con el objetivo de evitar la aparición de IRAACC.

Con respecto a la medición de creatinina, el *NIRS* también nos aporta la ventaja de ser un método de monitorización continuo, no invasivo y a tiempo real. La creatinina también tiene la desventaja de no informar en absoluto sobre la perfusión renal ni el aporte de oxígeno que recibe el riñón. Por su parte, el NIRS, al darnos valores de saturación regional de oxígeno, nos informa de la relación entre el aporte y la demanda de dicho gas.

La medición continua de la kSO_2 también nos capacita para tomar decisiones como la de evitar descensos del 65% del valor absoluto o bien disminuciones de más del 20% con respecto al valor basal de referencia. Si esto ocurriera, habría que evitar en todos los casos que la situación perdurara más allá de los 2 minutos y 12 segundos (2,2 minutos). Este control debe ser especialmente estricto en tiempos de CEC muy largos, ya que el riesgo de IRA es mayor.

Podría ser eficiente utilizar el sistema de monitorización de kSO_2 , pese al alto coste del equipo y de los sensores. Para decir esto, nos basamos en que el diagnóstico precoz de IRAACC postoperatoria podría reducir el tiempo de estancia en UCI, así como el tiempo de ingreso hospitalario relacionado con este tipo de IRA. Walsh D. et al demostraron una reducción significativa de costes al utilizar *INVOS* en varios tipos de

cirugía cardíaca (30). Murkin J. et al evidenciaron que las medidas contra las desaturaciones de rSO_2 se relacionan con una disminución de la estancia en UCI (31).

7.7. Limitaciones del estudio

Las principales limitaciones de nuestro estudio fueron:

Los datos han sido recogidos de un solo hospital, siendo un estudio unicéntrico, utilizando una muestra pequeña de participantes. Las desaturaciones graves, pese a llegar a ser las necesarias para establecer un análisis de regresión logística, fueron poco frecuentes. Por ello, creemos que sería útil un estudio mayor de base multicéntrico y con una muestra que represente una población más variada. Igualmente, sería conveniente valorar la incorporación de este novedoso método en la práctica anestésica diaria mediante un análisis de su coste-efectividad.

Pese a que el tamaño de la muestra no era muy cuantioso, fue suficiente como para obtener significación estadística con respecto a la aparición de IRAACC.

Conocemos que la IRAACC se relaciona con aumento de la mortalidad. Esto, unido a que las únicas dos defunciones durante el estudio fueron dos enfermos que padecieron dicha entidad, nos permite hipotetizar sobre la relación entre la disminución postoperatoria de kSO_2 y el aumento de la mortalidad. Para realizar este tipo de análisis sería requerida una muestra de mayor tamaño.

Sobre algunos de los condicionamientos de la medición por parte del NIRS: sus valores pueden verse modificados por la bilirrubina directa, la pigmentación cutánea o alguna fuente lumínica que interfiera con la señal que emana y recibe el sensor del NIRS. Otra restricción relevante sobre el NIRS se basa en la imposibilidad de sensar la saturación de oxígeno si existe una profundidad del tejido mayor de 4 centímetros. Por este motivo, se tuvieron que excluir todos los pacientes con profundidades renales mayores, por lo cual se perdieron muchos enfermos con un factor de riesgo de gran significación para la IRAACC como es la obesidad. Sería muy positivo para afinar más sobre este último punto la utilización de un sensor que consiga mediciones más profundas.

Aun con todas estas limitaciones, la investigación consiguió el objetivo que perseguía al relacionar la IRAACC postoperatoria con las saturaciones regionales de oxígeno.

8. CONCLUSIONES.

El seguimiento continuo mediante monitor de la saturación renal de oxígeno puede ser una base importante en la predicción de la insuficiencia renal aguda postoperatoria

tras cirugía cardíaca en el adulto. Existe relación entre los valores de kSO_2 y el desarrollo de IRAACC. Los resultados de nuestro estudio proponen evitar descensos de la kSO_2 mayores del 20% con relación a la línea basal a lo largo del postoperatorio con el fin de evitar casos de IRA. Sería necesario otro estudio con el fin de ensayar tratamientos que busquen conservar una kSO_2 en valores normales en el primer grupo de pacientes y compararlo con un manejo convencional del otro grupo de pacientes.

9. BIBLIOGRAFÍA.

1. Liam BL, Ploch W, Cook DJ, Orszulak TA, Daly RC. Hemodilution and whole body oxygen balance during normothermic cardiopulmonary bypass in dogs. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998;115(5):1203-8.
2. Khatri P, Babyak M, Croughwell ND, Davis R, White WD, Newman MF, et al. Temperature during coronary artery bypass surgery affects quality of life. *Ann Thorac Surg.* 2001;71(1):110-6.
3. Gaffney AM, Sladen RN. Acute kidney injury in cardiac surgery. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2015;28(1):50-9.
4. Josephs SA, Thakar CV. Perioperative risk assessment, prevention, and treatment of acute kidney injury. *Int Anesthesiol Clin.* 2009;47(4):89-105.
5. Bagshaw SM, Gibney RT. Conventional markers of kidney function. *Crit Care Med.* 2008;36(4 Suppl):S152-8.
6. Najafi M. Serum creatinine role in predicting outcome after cardiac surgery beyond acute kidney injury. *World J Cardiol.* 2014;6(9):1006-21.
7. Wyckoff T, Augoustides JG. Advances in acute kidney injury associated with cardiac surgery: the unfolding revolution in early detection. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2012;26(2):340-5.
8. Suemori T, Skowno J, Horton S, Bottrell S, Butt W, Davidson AJ. Cerebral oxygen saturation and tissue hemoglobin concentration as predictive markers of early postoperative outcomes after pediatric cardiac surgery. *Paediatric anaesthesia.* 2016;26(2):182-9.
9. Watzman HM, Kurth CD, Montenegro LM, Rome J, Steven JM, Nicolson SC. Arterial and venous contributions to near-infrared cerebral oximetry. *Anesthesiology.* 2000;93(4):947-53.
10. Nagdyman N, Ewert P, Peters B, Miera O, Fleck T, Berger F. Comparison of different near-infrared spectroscopic cerebral oxygenation indices with central venous and jugular venous oxygenation saturation in children. *Paediatric anaesthesia.* 2008;18(2):160-6.
11. Carl M, Alms A, Braun J, Dongas A, Erb J, Goetz A, et al. S3 guidelines for intensive care in cardiac surgery patients: hemodynamic monitoring and cardiocirculatory system. *Ger Med Sci.* 2010;8:Doc12.
12. Kopp R, Dommann K, Rossaint R, Schalte G, Grottko O, Spillner J, et al. Tissue oxygen saturation as an early indicator of delayed lactate clearance after cardiac surgery: a prospective observational study. *BMC anesthesiology.* 2015;15:158.
13. Biedrzycka A, Lango R. Tissue oximetry in anaesthesia and intensive care. *Anaesthesiol Intensive Ther.* 2016;48(1):41-8.
14. Tweddell JS, Ghanayem NS, Hoffman GM. Pro: NIRS is "standard of care" for postoperative management. *Seminars in thoracic and cardiovascular surgery Pediatric cardiac surgery annual.* 2010;13(1):44-50.
15. Abadeer AI, Kurlansky P, Chiuzan C, Truby L, Radhakrishnan J, Garan R, et al. Importance of stratifying acute kidney injury in cardiogenic shock resuscitated with

- mechanical circulatory support therapy. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2017;154(3):856-64 e4.
16. Chan JL, Kobashigawa JA, Aintablian TL, Dimbil SJ, Perry PA, Patel JK, et al. Characterizing Predictors and Severity of Vasoplegia Syndrome After Heart Transplantation. *Ann Thorac Surg.* 2018;105(3):770-7.
 17. Choi DK, Kim WJ, Chin JH, Lee EH, Don Hahm K, Yeon Sim J, et al. Intraoperative renal regional oxygen desaturation can be a predictor for acute kidney injury after cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2014;28(3):564-71.
 18. Hori D, Hogue C, Adachi H, Max L, Price J, Sciortino C, et al. Perioperative optimal blood pressure as determined by ultrasound tagged near infrared spectroscopy and its association with postoperative acute kidney injury in cardiac surgery patients. *Interactive cardiovascular and thoracic surgery.* 2016;22(4):445-51.
 19. Azau A, Markowicz P, Corbeau JJ, Cottineau C, Moreau X, Baufreton C, et al. Increasing mean arterial pressure during cardiac surgery does not reduce the rate of postoperative acute kidney injury. *Perfusion.* 2014;29(6):496-504.
 20. Murkin JM, Arango M. Near-infrared spectroscopy as an index of brain and tissue oxygenation. *British journal of anaesthesia.* 2009;103 Suppl 1:i3-13.
 21. Selnes OA, Gottesman RF, Grega MA, Baumgartner WA, Zeger SL, McKhann GM. Cognitive and neurologic outcomes after coronary-artery bypass surgery. *N Engl J Med.* 2012;366(3):250-7.
 22. Slater JP, Guarino T, Stack J, Vinod K, Bustami RT, Brown JM, 3rd, et al. Cerebral oxygen desaturation predicts cognitive decline and longer hospital stay after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg.* 2009;87(1):36-44; discussion -5.
 23. Cipolla MJ. *The Cerebral Circulation. Integrated Systems Physiology: From Molecule to Function.* San Rafael (CA)2009.
 24. Olbrecht VA, Skowno J, Marchesini V, Ding L, Jiang Y, Ward CG, et al. An International, Multicenter, Observational Study of Cerebral Oxygenation during Infant and Neonatal Anesthesia. *Anesthesiology.* 2018;128(1):85-96.
 25. Bhalala US, Nishisaki A, McQueen D, Bird GL, Morrison WE, Nadkarni VM, et al. Change in regional (somatic) near-infrared spectroscopy is not a useful indicator of clinically detectable low cardiac output in children after surgery for congenital heart defects. *Pediatric critical care medicine : a journal of the Society of Critical Care Medicine and the World Federation of Pediatric Intensive and Critical Care Societies.* 2012;13(5):529-34.
 26. Hoffman GM, Stuth EA, Jaquiss RD, Vanderwal PL, Staudt SR, Troshynski TJ, et al. Changes in cerebral and somatic oxygenation during stage 1 palliation of hypoplastic left heart syndrome using continuous regional cerebral perfusion. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2004;127(1):223-33.
 27. Ronco C, Ricci Z, De Backer D, Kellum JA, Taccone FS, Joannidis M, et al. Renal replacement therapy in acute kidney injury: controversy and consensus. *Crit Care.* 2015;19:146.
 28. Benedetto U, Luciani R, Goracci M, Capuano F, Refice S, Angeloni E, et al. Miniaturized cardiopulmonary bypass and acute kidney injury in coronary artery bypass graft surgery. *Ann Thorac Surg.* 2009;88(2):529-35.
 29. Chen SW, Chang CH, Fan PC, Chen YC, Chu PH, Chen TH, et al. Comparison of contemporary preoperative risk models at predicting acute kidney injury after isolated coronary artery bypass grafting: a retrospective cohort study. *BMJ open.* 2016;6(6):e010176.
 30. Walsh D, Bennett M, Bennett S. Cost analysis of patients undergoing cardiac surgery managed with or without cerebral oximetry (INVOS): *BMC Proc.* 2012 Jul 9;6(Suppl 4):O16. doi: 10.1186/1753-6561-6-S4-O16. eCollection 2012.
 31. Murkin JM, Adams SJ, Novick RJ, Quantz M, Bainbridge D, Iglesias I, et al. Monitoring brain oxygen saturation during coronary bypass surgery: a randomized, prospective study. *Anesthesia and analgesia.* 2007;104(1):51-8.

CARTA DE PRESENTACIÓN DEL TFG

Título del TFG: Influencia del INVOS en la detección de la insuficiencia renal aguda asociada a cirugía cardíaca (en el adulto).

Alumno: Sergio Sagrado Querol. Alumno de 6º de la Facultad de Medicina de Valladolid.

Tutor: Pablo Jorge Monjas. Médico especialista en Anestesia del HCUV.

Tutor 2: Eduardo Tamayo. Médico especialista en Anestesia del HCUV.

Fundamento: Se intenta demostrar que la saturación renal de oxígeno postoperatoria puede estar más estrechamente relacionado con Insuficiencia Renal Asociada a Cirugía Cardíaca que la saturación cerebral de oxígeno. Para ello usamos el INVOS para medir la saturación renal de oxígeno, y tomamos datos de los pacientes sometidos a cirugía cardíaca en 2017.

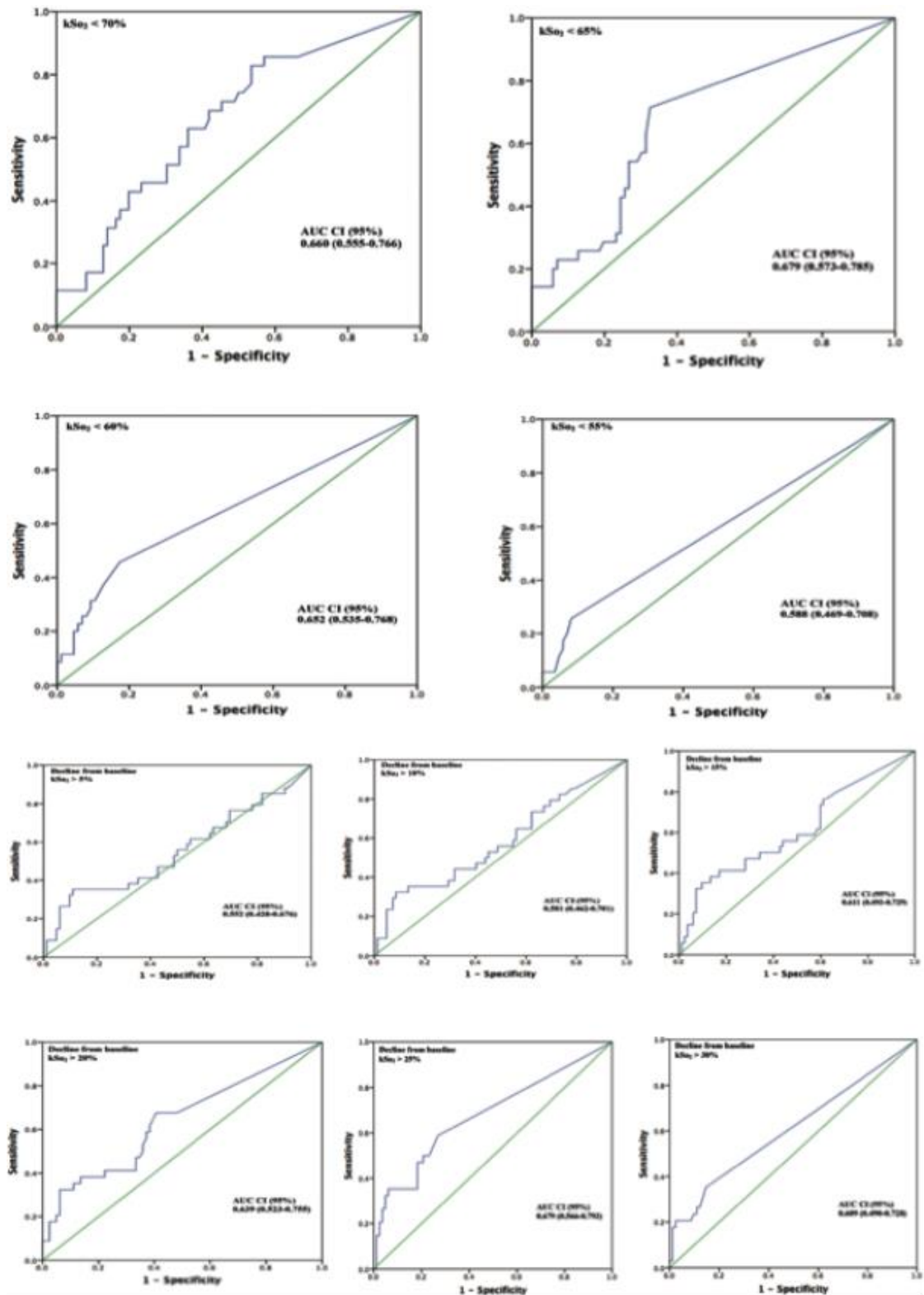
Lugar: Hospital Clínico Universitario de Valladolid. Unidad de Reanimación, Anestesiología.

Fechas previstas: finalización y entrega del trabajo el 30 de mayo de 2019. Defensa del mismo el 12 de junio.

Protocolo: Estudio observacional prospectivo en pacientes sometidos a cirugía cardíaca con CEC. Se incluyeron un total de 121 pacientes, mayores de 18 años, de forma consecutiva, entre enero a septiembre de 2017, intervenidos en el Hospital Clínico Universitario de Valladolid, centro médico de tercer nivel asistencial con 800 camas. Criterios de inclusión: pacientes sometidos a CEC; pacientes que entienden la naturaleza del estudio y están dispuestos a participar en el estudio.

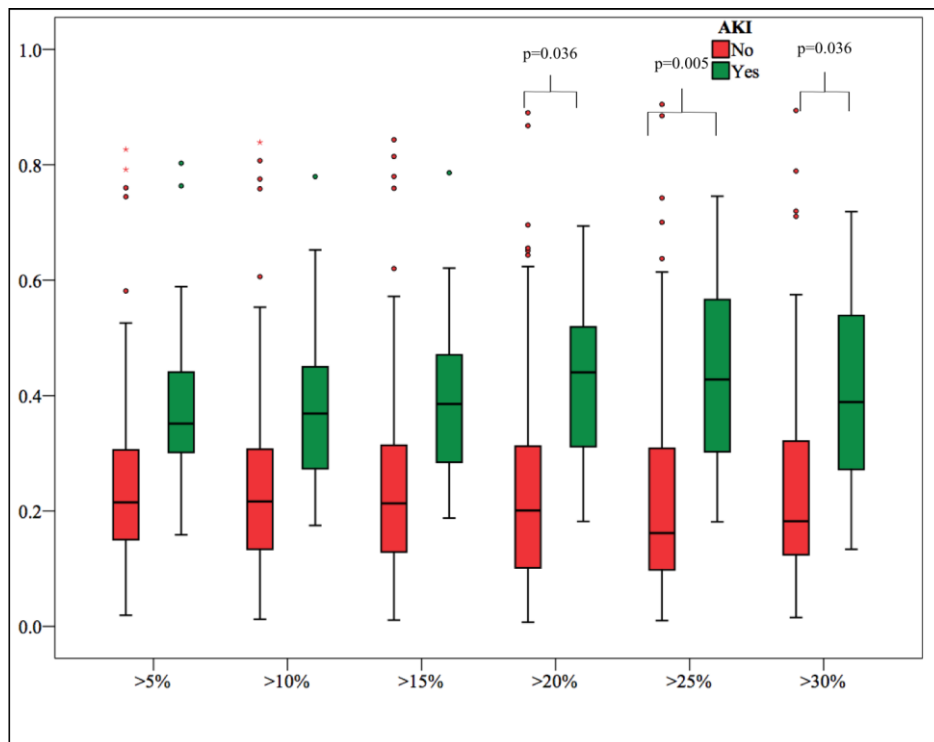
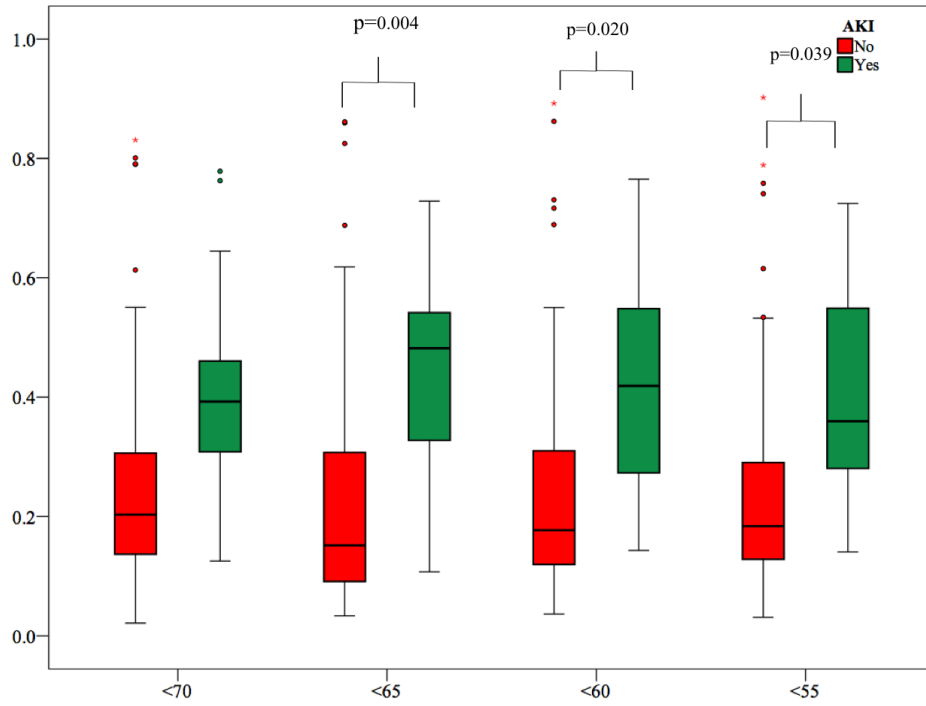
ANEXO VI

Figura 1. Representación gráfica de las curvas ROC para la predicción de la kSO_2 en la IRAACC. Las 4 superiores se refieren a desaturaciones de kSO_2 absolutas y las 6 inferiores a desaturaciones respecto al valor de kSO_2 basal.



ANEXO VII

Figura 2. Diagramas de cajas de la probabilidad de aparición IRAACC posoperatorio en cada umbral de la kSO_2 .





Universidad de Valladolid
Facultad de Medicina

Influencia del INVOS en la detección de la insuficiencia renal aguda asociada a cirugía cardíaca del adulto

Estudiante: Sergio Sagrado Querol
Tutor: Pablo Jorge Monjas



Introducción

La insuficiencia renal aguda asociada a cirugía cardíaca (IRAACC) es el mayor factor de mortalidad en pacientes operados de patología cardiovascular. Se han estudiado numerosos métodos para su predicción:

- Creatinina plasmática: no nos permite un diagnóstico precoz porque se eleva cuando la función renal es del 50% o menor.
- Monitorización mediante el dispositivo NIRS (Espectroscopia del Infrarrojo Cercano). Permite medir saturaciones regionales de oxígeno (rSO₂) dependiendo de dónde sean situados sus sensores:
 - Saturación cerebral de oxígeno (bSO₂), que es método establecido de medición en cirugía cardíaca, podría no correlacionarse lo suficiente con la incidencia de IRAACC.



NIRS → bSO₂

- Saturación renal de oxígeno (kSO₂). Método más innovador y principal objetivo del estudio. No se ha estudiado su relación postoperatoria con la IRAACC y podría ser mejor predictor que la bSO₂, además de ser un método de monitorización continua, no invasiva y a tiempo real.



NIRS → kSO₂

IRAACC

↓ kSO₂

Objetivos

kSO₂ puede ser un marcador más preciso de IRAACC que bSO₂. Nuestro estudio trató de determinar si la monitorización continua postoperatoria de rSO₂ (renal y cerebral) mediante NIRS puede ser útil en el diagnóstico precoz de IRAACC.

Materiales y Métodos

Diseñamos un estudio de cohortes abierto para evaluar si la monitorización continua de kSO₂ y bSO₂ intra y post-operatoria se relaciona con la aparición de IRAACC (criterios KDIGO).

Participantes: 121 pacientes consecutivos (9 meses).

Se determinaron los valores de kSO₂ y bSO₂ basales, y cada 30 segundos hasta 48 horas tras cirugía.

El análisis de los datos se realizó mediante el Software **INVOS Analytics Tools** (Medtronic, INC).

Analizamos los datos de desaturación global en rangos (70%, 65%, 60% y 55%).

Analizamos los datos de desaturación sobre la saturación basal en rangos (5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%).

Resultados

35 pacientes con IRAACC (28,9%).
Edad media: 70 años.

- Características pre, intra y postoperatorias en relación a la aparición de IRAACC.

VARIABLES	n (%)	IRAACC (n)	IRAACC (%)	p-value
Preoperatorio				
Edad (media ± SD)	69 (54,7)	68 (52,5)	69 (52,7)	0,842
Sexo (n)	37 (40,1)	41 (44,7)	38 (48,5)	0,583
IMC (kg/m ²) (media ± SD)	27,0 ± 3,7	26,0 ± 3,8	27,2 ± 3,5	0,347
Diagnóstico (media ± SD)	2,8 (1,5-4,7)	2,4 (1,3-3,2)	2,7 (1,5-4,5)	0,684
Comorbilidades				
Tobaco	49 (46,5)	52 (51,2)	47 (60,5)	0,248
Hipertensión	89 (79,6)	82 (80,6)	79 (80,5)	0,331
Diabetes mellita	34 (30,6)	31 (30,6)	32 (40,5)	0,361
Dislipidemia	72 (65,3)	69 (67,9)	69 (88,5)	0,151
POC	12 (10,8)	4 (4,0)	8 (10,3)	0,067
Insuficiencia renal crónica	47 (42,6)	53 (51,9)	38 (48,6)	0,287
Coronariopatía	100 (90,5)	75 (73,0)	54 (68,9)	0,043
Enfermedad arterial periférica	2 (1,8)	1 (1,0)	2 (2,5)	0,807
Cirugía cardíaca previa	3 (2,7)	4 (4,0)	1 (1,3)	0,507
Insuficiencia aórtica	7 (6,3)	3 (3,0)	4 (5,1)	0,387
Insuficiencia mitral	20 (18,1)	11 (10,7)	10 (12,7)	0,291
Insuficiencia tricuspídea	10 (9,1)	4 (3,9)	5 (6,3)	0,387
Insuficiencia aórtica	3 (2,7)	2 (2,0)	3 (3,8)	0,761
Insuficiencia mitral	10 (9,1)	5 (4,9)	5 (6,3)	0,761
Insuficiencia tricuspídea	5 (4,5)	2 (2,0)	3 (3,8)	0,761
Insuficiencia aórtica	3 (2,7)	2 (2,0)	3 (3,8)	0,761
Insuficiencia mitral	10 (9,1)	5 (4,9)	5 (6,3)	0,761
Insuficiencia tricuspídea	5 (4,5)	2 (2,0)	3 (3,8)	0,761
Intraoperatorio				
CEC (min, media ± SD)	109 (178,3-128,0)	96,8 (88,4-128,0)	104,2 (128,0-178,3)	0,481
Campeo (min, media ± SD)	84,0 (80,0-110,0)	76,0 (80,0-100,0)	89,0 (80,0-110,0)	0,481
Revascularización coronaria	17 (14,6)	11 (10,3)	4 (5,1)	0,757
Revascularización aórtica	17 (14,6)	11 (10,3)	4 (5,1)	0,757
CABG + vascular	19 (17,2)	11 (10,3)	8 (10,3)	0,581
CABG + vascular	19 (17,2)	11 (10,3)	8 (10,3)	0,581
Protección	18 (16,3)	7 (6,7)	4 (5,1)	0,587
Postoperatorio				
Índice Cardíaco (media ± SD)	2,0 (1,4-2,8)	2,1 (1,4-2,8)	1,9 (1,7-2,8)	0,347
IC (media ± SD)	75,2 ± 10,8	75,4 ± 10,8	74,3 ± 10,4	0,681
IC (media ± SD)	72,3 ± 8,9	72,9 ± 8,7	72,9 ± 8,9	0,881
IC (media ± SD)	69,2 ± 8,9	68,8 ± 8,8	68,4 ± 8,8	0,881
IC (media ± SD)	65,7 ± 8,3	65,2 ± 8,3	65,3 ± 8,7	0,881
IC (media ± SD)	62,0 ± 8,0	61,0 ± 8,0	61,0 ± 8,0	0,881
IC (media ± SD)	58,0 ± 7,5	57,0 ± 7,5	57,0 ± 7,5	0,881
IC (media ± SD)	54,0 ± 7,0	53,0 ± 7,0	53,0 ± 7,0	0,881

*Test exacto de Fisher
CABG: Cirugía de revascularización coronaria; DS: Desviación estándar; SvO₂: Saturación venosa de oxígeno; VIS: Soporte inotrópico-vasoactivo; IQR: Rango Intercuartílico; CEC: Circulación Extracorpórea.

- Análisis de regresión logística univariante y multivariante para kSO₂ como predictor de IRAACC ajustado por edad y tiempo de CEC.

OR	IC 95%	p-value	Coefficiente β	ES	OR Ajustado (95% CI)	p-value
1,00						
> 70%	3,80 (1,07-13,49)	0,037	0,607	1,751	2,38 (0,75-7,48)	0,147
> 65%	5,07 (1,39-18,24)	0,009	0,715	1,847	2,96 (1,04-8,43)	0,041
> 60%	3,98 (1,07-14,40)	0,035	0,584	1,546	2,02 (0,70-5,60)	0,209
> 55%	3,97 (1,12-13,13)	0,034	0,587	1,546	2,29 (0,80-6,30)	0,139
Descento postoperatorio						
> 15%	0,70 (0,19-2,61)	0,551	-0,376	1,160	0,69 (0,18-2,60)	0,514
> 20%	1,517 (0,51-4,61)	0,403	0,379	1,396	1,46 (0,40-5,40)	0,513
> 25%	2,60 (0,77-8,91)	0,132	0,942	2,620	1,76 (0,58-5,40)	0,278
> 30%	2,23 (0,70-7,21)	0,168	0,802	2,180	2,07 (0,68-6,40)	0,184
> 35%	3,88 (1,00-14,91)	0,047	1,359	3,449	3,97 (1,00-15,40)	0,047
> 40%	1,10 (0,30-4,00)	0,881	0,103	1,104	1,06 (0,30-3,80)	0,936
Índice (media)	1,94 (1,80-2,08)	0,937	0,040	1,032	1,06 (1,00-1,12)	0,040
CEC (min)	1,07 (1,00-1,14)	0,040	0,036	0,030	1,03 (1,00-1,06)	0,040

ES: error estándar; IC: intervalo de confianza; OR: odds ratio.

Pacientes con IRAACC presentaron mayor desaturación global y por rangos. Los descensos de kSO₂ mayores de 15%, 20%, 25% y 30% sobre la línea basal se relacionaron de forma significativa con IRAACC.

Conclusiones

- La monitorización renal mediante NIRS puede ser una herramienta no invasiva prometedora en la predicción de IRAACC.
- Relación entre desaturaciones de kSO₂ e IRAACC:

kSO₂ global < 65%

Descenso de kSO₂ > 20% sobre rango basal

IRAACC

- Sería necesario realizar estudios de validación externa.
- Sería necesario realizar estudios de terapia dirigida por objetivos con kSO₂ y valorar su influencia en IRAACC.

Bibliografía

Azau A, Markowicz P, Corbeau JJ, Cottineau C, Moreau X, Baufretton C, et al. Increasing mean arterial pressure during cardiac surgery does not reduce the rate of postoperative acute kidney injury. *Perfusion*. 2014;29(6):496-504.

Murkin JM, Arango M. Near-infrared spectroscopy as an index of brain and tissue oxygenation. *British journal of anaesthesia*. 2009;103 Suppl 1:13-13.

Olbrecht VA, Skowno J, Marchesini V, Ding L, Jiang Y, Ward CG, et al. An International, Multicenter, Observational Study of Cerebral Oxygenation during Infant and Neonatal Anesthesia. *Anesthesiology*. 2018;128(1):85-96.

Código QR:
Email: sergiosagradoquerol@outlook.es

