



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO FEDERICO GÓMEZ

CORRELACIÓN DE LOS VALORES DEL NIRS CEREBRAL Y
RENAL TRANSQUIRÚRGICO DE CARDIOPATÍAS COMPLEJAS
CON LA EVOLUCIÓN DE LOS PACIENTES EN LA UNIDAD DE
TERAPIA QUIRÚRGICA DEL HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO
FEDERICO GÓMEZ

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN:

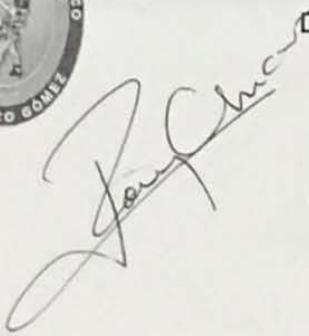
MEDICINA CRÍTICA PEDIÁTRICA

P R E S E N T A

Dr. Andrei Bruno Melgar Jaldin

DIRECTOR DE TESIS



 Dra. María de Lourdes Marroquín Yáñez



Ciudad de México, Febrero 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DRA. REBECA GÓMEZ CHICO VELASCO
DIRECTORA DE ENSEÑANZA Y DESARROLLO ACADÉMICO

DIRECTORA DE TESIS

Dra. María de Lourdes Marroquín Yáñez

JEFA DE SERVICIO DE TERAPIA INTENSIVA QUIRÚRGICA
HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO FEDERICO GÓMEZ

ASESORES DE TESIS

Dra. María de Lourdes Marroquín Yáñez

JEFA DE SERVICIO DE TERAPIA INTENSIVA QUIRÚRGICA
HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO FEDERICO GÓMEZ

ASESOR METODOLÓGICO.

Dra. María de Lourdes Marroquín Yáñez

ADSCRITO A INVESTIGACIÓN CLÍNICA.
HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO FEDERICO GÓMEZ

DEDICATORIAS

A MI FAMILIA, a mis padres por su incondicional apoyo, a mi esposa e hijo que son el mejor motivo para seguir adelante.

A MIS MAESTROS, que me brindaron las oportunidades, enseñanzas, que guiaron mi camino en esta etapa tan importante de mi vida.

A MIS PACIENTES, que fueron motivo de estudio, desvelo, esfuerzo, de superación y dedicación.

INDICE GENERAL

	Pág.
INDICE	4
RESUMEN	5
MARCO TEORICO	6
JUSTIFICACIÓN	11
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	12
HIPOTESIS	12
OBJETIVOS GENERALES	12
OBJETIVOS ESPECIFICOS	12
METODOLOGIA	13
SELECCIÓN DE MUESTRA	14
PROCEDIMIENTO	15
CONCIDERACIONES ETICAS	15
RESULTADOS	16
DISCUSIÓN	19
CONCLUSIÓN	26
LIMITACIÓN DEL ESTUDIO	26
CALENDARIO	27
ANEXOS	28
BIBLIOGRAFIA	35

RESUMEN

ANTECEDENTES:

El NIRS (Near-infrared spectroscopy: NIRS) es un método no invasivo, de monitoreo continuo y temprano de la oxigenación tisular tanto cerebral como renal, correlacionándose sus descensos agudos generalmente con eventos adversos que marcan mala perfusión. Aunque se han realizado estudios en pacientes pediátricos de NIRS en cirugía cardíaca, falta una mayor información acerca de su correlación con otras variables que puedan influir en el NIRS, así como estudios con intervenciones.

MATERIAL Y METODOS: Estudio prospectivo, observacional, realizado del 1ro de septiembre de 2016 a 30 de mayo de 2017, se tomó durante el transquirúrgico el valor más bajo de NIRS cerebral así como renal, se dio seguimiento a estos pacientes hasta su egreso de terapia intensiva, midiéndose la correlación de estos eventos de hipoperfusión con lactato transquirúrgico, postquirúrgico, reserva venosa postoperatoria, días de terapia intensiva, horas ventilación, score inotrópico, lesión renal, síndrome de bajo gasto cardíaco, crisis convulsivas.

RESULTADOS: Se incluyeron 67 pacientes de los cuales 35.8% (24/67) presentaron un NIRS cerebral bajo, mientras que el 64%(43/67) presentaron un NIRS cerebral normal, de la monitorización del NIRS renal se incluyeron 36 pacientes de los cuales 52.7%(19/36) presentaron valores de NIRS renal normal, 47.2% (17/36) presentaron NIRS renal bajo, se encontró una traducción estadística significativa en relación a los niveles de NIRS renal y lesión renal aguda, NIRS cerebral y crisis convulsivas, encefalopatía, lactato a las 48 horas, días de estancia en la terapia intensiva, horas de ventilación mecánica, síndrome de bajo gasto, Score inotrópico así como Score inotrópico-vasoactivo en el transquirúrgico, a las 24 y 48 horas, así como mortalidad.

CONCLUSIÓN: El NIRS es una herramienta de monitorización no invasiva, el cual aporta saturación de oxígeno a nivel regional tanto cerebral, renal y somática, los valores bajos nos permiten correlacionar con lesión a nivel tisular el cual al ser detectada de forma continua nos permite plantear algoritmos para mejorar el estado de perfusión de nuestro paciente, se debería implementar su uso tanto durante el transquirúrgico así como en las unidades de terapia intensiva.

Marco Teórico

ANTECEDENTES:

En la actualidad los métodos ópticos ofrecen diagnósticos no invasivos con técnicas en tiempo real para medir algunas variables fisiológicas importantes.

Cuando la luz viaja a través del tejido se refleja, se absorbe o se dispersa dependiendo de las propiedades ópticas del tejido y de la luz, lo que a su vez depende de la longitud de onda que se aplique. De esta forma, la penetración de la luz en los tejidos es profunda porque la dispersión en el tejido vivo es mucho mayor que la absorción.

En años recientes la investigación se ha enfocado al desarrollo de métodos ópticos no invasivos basados en la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS, *near-Infrared spectroscopy*) que han demostrado su capacidad diagnóstica al proporcionar información en tiempo real sobre los diversos procesos fisiológicos y patológicos que ocurren en tejidos y órganos (2).

El desarrollo de la técnica NIRS se ha especializado en la aplicación de una amplia gama de combinaciones tanto de fuentes de luz como de detectores que dan como resultado una diversidad de aparatos capaces de generar imágenes en tiempo real de procesos fisiológicos tan complicados como son la oxigenación cerebral, muscular y vascular; así como la determinación de los flujos de sangre microvascular en órganos como cerebro, riñón, vejiga y músculo, de tal forma que se llega a determinar el grado de hipoxia o carencia de flujo sanguíneo en los órganos y tejidos (3).

TECNOLOGÍA NIRS:

Los aparatos de NIRS se basan en la ley de Beer- Lambert, la cual establece que se puede medir la concentración de una sustancia en función de su capacidad de absorción de la luz. La hemoglobina (Hb) tiene la capacidad de absorber fotones en el rango de longitudes de onda cercanos a la radiación infrarroja de 650-850 nm, mientras que otros tejidos humanos no. La Hb oxigenada absorbe más el espectro de luz de 800-850 nm, mientras que la reducida lo hace en el rango de 650 - 800 nm. La mayoría de la Hb en los tejidos se encuentra en el lecho venoso, por lo que la medición refleja preferentemente este compartimento. A diferencia de la pulsioximetría, no busca la señal pulsátil, sino el componente no pulsátil, que se relaciona con la saturación capilar – venosa de oxígeno de hemoglobina. Una ventana óptica de 700-900 nm permite que la luz penetre al tejido subyacente atravesando la piel y el hueso, detectándose mediante la absorción de al menos dos señales lumínicas de longitudes de onda diferentes y de forma continua el porcentaje de la saturación de oxígeno de la hemoglobina de los tejidos situados bajo el sensor.

El hecho de que la tecnología NIRS pueda “discriminar” diversos tipos de compuesto de acuerdo con la longitud de onda que reflejan, absorben o dispersan, así como la intensidad con que la emiten y el “color” que presentan ha permitido realizar la determinación simultánea, en tiempo real, de diversos compuestos que conviven o coinciden en un mismo lugar y tiempo. Como ejemplo de lo anterior tenemos el caso del uso de la tecnología basada en NIRS para la detección y cuantificación de la oxihemoglobina y la desoxihemoglobina.

La determinación de estos dos compuestos ha permitido establecer con precisión el grado de hipoxia que puede presentar, en un momento dado, un tejido u órgano como pueden ser el cerebro, el músculo esquelético, el riñón y la vejiga; lo anterior ha sido utilizado con gran éxito para monitorear en tiempo real los flujos de perfusión sanguínea tanto intra como extra cerebrales, el flujo de la microvasculatura de los riñones y la vejiga, lo que constituye una ventaja importante por sobre otras técnicas ya que proporciona información directa del comportamiento del flujo sanguíneo y el suministro de oxígeno (4)

APLICACIÓN CLÍNICA

La monitorización de la perfusión cerebral y por tanto el correcto balance entre el aporte y demanda de las necesidades de oxígeno cerebral constituye un elemento de vital importancia en cirugía cardíaca. En este campo además de los riesgos inherentes a los síndromes genéticos que pueden estar presentes en los pacientes con cardiopatías congénitas y al hecho de enfrentarse a cirugía cardíaca con circulación extracorpórea,

existen otros riesgos asociados a la hipoxemia crónica que dependen de la magnitud del cortocircuito presente; todo esto puede constituir una sumatoria de riesgos que llevarían a un deterioro neurológico tanto temprano como tardío que en última instancia se relacionan con la apoptosis celular. (5,6,7)

A pesar de la importancia de estos aspectos, todavía no se cuenta con un patrón de oro en la monitorización de la circulación cerebral (8).

Han sido utilizadas herramientas tales como el electroencefalograma, el BIS, el Doppler transcraniano, la saturación venosa de bulbo yugular, pero ninguna de ellas ha cumplido con los requisitos para lograr una óptima valoración para ser utilizada como monitorización única. (9). Muchos de los exámenes antes nombrados están influenciados por el nivel de profundidad de anestesia y el período de circulación extracorpórea; más aún en el caso de hipotermia profunda con paro circulatorio pierden toda validez. Por lo tanto, la implementación de tecnología menos invasiva y que pueda utilizarse en estas circunstancias constituye una necesidad real. (10)

Durante los procedimientos correctivos o paliativos para cardiopatías congénitas, se encuentran grandes cambios en la fisiología tanto respiratoria, cardíaca, hemodinámica y neurológica, que están relacionados con la inducción anestésica, el inicio de la ventilación mecánica con presión positiva, el inicio y fin de circulación extracorpórea, la técnica usada para manejo de temperatura, la técnica usada para manejo del estado ácido base y la necesidad de soporte vasopresor e inotrópico, entre otros (10,11).

NIRS Y CARDIOPATÍA CONGENITA

Los estudios clínicos iniciales se centraron en el NIRS cerebral y su validación con la saturación del bulbo de la yugular (SjO₂). En 52 pacientes cardiopatas cateterizados en sala de hemodinámica, se demostró una correlación significativa para los niños < 10 kg con una $r = 0.81$. Sin embargo, su capacidad para detectar saturaciones del bulbo yugular derecho < 60 % fue escasa (12). Las razones de su mayor precisión en menores de 10 kg, confirmadas en otros estudios (13), podrían basarse en una cuestión de anatomía y distancia del sensor al lugar explorado. El menor grosor de cráneo y tejidos; así como la mayor contribución relativa del área explorada respecto del conjunto del cerebro, podría favorecer su fiabilidad. No obstante, la existencia de una buena correlación no presume el que los valores sean intercambiables con SjO₂. Ello puede deberse a que la exploración mediante NIRS se reduce a un área limitada de la circulación cerebral, que no tiene porqué ser homogénea o tener la misma actividad metabólica. Además, se incluye sangre arterial y capilar (30 %) y la exploración se reduce al neocortex, mientras que el bulbo recoge sangre de zonas más profundas. En 2008 (14), el mismo grupo berlinés de Nagdyman en un estudio sobre 31 cateterismos en niños con CC confirman la correlación con la SjO₂, pero su escasa precisión para cualquiera de los dos dispositivos empleados: el NIRO 200 (Hamamatsu Photonics, Tokyo, Japan) y el INVOS 5100 R, que utilizan diferente metodología para sus cálculos. Además, se comparó las mediciones de NIRS con la medición sanguínea de la saturación venosa de oxígeno (SvO₂) en la vena cava superior en 19 casos, obteniéndose para el INVOS 5100R una excelente correlación ($r = 0.93$), pero con un sesgo de 5.6 % y unos límites de concordancia de 2.2 - 13.4 %, que aunque mejores que para NIRO, resultan excesivos para la práctica clínica. Otros estudios en el ámbito de la cirugía cardíaca pediátrica muestran similares resultados con buenas correlaciones (15).

Sin embargo, una correlación estadísticamente significativa no significa que rSO₂ cerebral y SvO₂ sean valores intercambiables.

ESTUDIOS NIRS TRANSQUIRÚRGICOS

Ranucci y cols, (16) en la monitorización intraoperatoria de 15 pacientes pediátricos observa un sesgo del 5.6 % con amplios márgenes de variabilidad del NIRS frente a SvO₂ en la cava superior.

En el estudio de Tortoriello y cols, (17) el NIRS cerebral obtenido mediante INVOS 5100R, se compara con SvO₂ medida en la arteria pulmonar o en la cava superior en 20 pacientes pediátricos (5 meses – 8 años) desde la salida de extracorpórea hasta las 6 horas de llegada a la UCI, siendo la $r = 0.67$, pero concluyendo que su utilidad se restringe a la observación de las tendencias más que a predecir los valores de SvO₂. En cuanto a la valoración del uso del monitor cerebral en la práctica clínica, se han realizado algunas experiencias.

Kirshbom (18) trata de encontrar en el NIRS una referencia para monitorizar la perfusión en pacientes con fisiología univentricular.

La valoración de la relación entre el flujo pulmonar (Q_p) y sistémico (Q_s) no invasiva se suele hacer con saturación arterial de oxígeno (SaO₂) mediante pulsioximetría, siendo 80% el valor que se relaciona con un Q_p/Q_s = 1.

En 20 pacientes compara el NIRS cerebral previo a la inducción anestésica en el cateterismo con la SvO₂ en la cava superior y la SaO₂, observando que la

espectroscopia es mejor predictor en el análisis multivariante. Por otro lado, una de las principales aplicaciones del NIRS cerebral sería la monitorización del proceso quirúrgico de cirugía cardíaca a fin de mejorar el pronóstico.

ESTUDIOS DE NIRS EN LA EVOLUCIÓN POSTQUIRÚRGICA

Dent y cols (19) correlacionan lesiones cerebrales evolutivas en resonancia magnética con registros de rSO₂ por debajo de 45% durante más de 180 minutos.

Austin y cols (20) han relacionado favorablemente los valores registrados por el sensor cerebral con la estancia hospitalaria y la evolución neurológica en un estudio que incluía 250 pacientes pediátricos, abarcando alteraciones frecuentes, los cuales presentaron con rSO₂ por debajo de 40% durante 120 min, los cuales presentaban en el 78% encefalopatía con traducción EEG, 27% de los pacientes crisis convulsivas y 13% lesiones isquémicas con focalización neurológica.

Se trataba de una intervención en la que los datos de monitorización neurofisiológica se utilizaban para detectar y corregir deficiencias en la perfusión cerebral y oxigenación, o bien para mejorar la tolerancia a la isquemia - hipoxia. Junto con la espectroscopia se incluía el doppler transcraneal y la electroencefalografía.

Este trabajo fue incluido en una revisión del uso del NIRS intraoperatorio junto con otros siete que agrupaban 3316 adultos, y que concluía afirmando su valor en la reducción del daño cerebral (21).

Kussman y cols (22) han relacionado la existencia de periodos intraoperatorios con persistencia de valores bajos de rSO₂ con el neurodesarrollo al año de vida y las lesiones en la RNM cerebral. Si bien este tipo de práctica en la monitorización quirúrgica se está extendiendo dentro de un planteamiento para limitar las secuelas neurológicas a largo plazo, una vez han sido mejorados los resultados inmediatos, aún se cuestiona su valor en el pronóstico (23) y su relación coste beneficio (24).

El NIRS somático debido a que la saturación venosa central de oxígeno (SvcO₂) refleja un promedio de las diferentes regiones del organismo, se amplió la monitorización a otros órganos para intentar correlacionar la SvcO₂ con modelos que incluyeran NIRS de varias localizaciones frente a los análisis más simples.

Respecto al NIRS somático, debido a que la medición del sistema depende de la franja de profundidad que puede alcanzar y estimada en unos 2 cm, sería el grupo de los lactantes y neonatos al que iría dirigido su empleo tanto dorso lateral (renal) como esplácnico (abdominal). El sensor renal se coloca a la altura de las vértebras T10 – L1 en región dorso lateral y el esplácnico sobre la pared abdominal anterior. Los valores renales suelen ser 15 -20 % mayores a los cerebrales debido a que el riñón es un órgano de alto flujo y escasa extracción.

Hoffman y cols (25) intentan sumar la información de ambos sensores y proponen una fórmula de cálculo de la saturación venosa de oxígeno derivada del registro cerebral y renal, basándose en su experiencia en la cirugía cardíaca neonatal.

Dentro del campo de la cirugía cardiovascular, Mc Quillen y cols (26), estudiaron en 29 pacientes menores de 3 meses, procedentes de intervenciones por CC, se comprueba que también existe un amplio margen de variabilidad para rSO₂ renal y cerebral respecto a SvcO₂.

El NIRS abdominal y renal también se ha correlacionado con la SvO2 en una serie de 20 neonatos y lactantes (2-7 kg) publicada por Kaufman y cols (27) que combinaba casos con fisiología de ventrículo único y biventricular.

En este estudio, realizado en 20 pacientes menores de 10 kg durante la CEC, se afirma que la SvO2 mixta sobrevalora la oxigenación del territorio de la cava superior y, por tanto, no sería el mejor indicador de la perfusión cerebral.

Se subraya el valor de la monitorización regional y su posible mejor sensibilidad para detectar hipoperfusión cerebral (28).

La monitorización en varias localizaciones permite valorar inmediatamente las diferencias de perfusión regionales. Así se ha empleado la monitorización cerebral y renal en el entorno quirúrgico del primer estadio del Norwood (29) y de la coartación de aorta (30).

Fuera del quirófano, en neonatos con corazón izquierdo hipoplásico, un estudio retrospectivo concluyó que esta estrategia redujo el empleo preoperatorio de ventilación mecánica (31).

En el escenario de urgencias se ha relacionado la adecuada terapia de rehidratación con la recuperación de la fisiológica diferencia NIRS renal – cerebral (32)

Como hecho relevante de su avance progresivo, hay que citar que se incluye el NIRS para la prevención y guía de tratamiento en el paro cardiorrespiratorio para pacientes con fisiología univentricular en los consensos internacionales (33)

En definitiva, este sistema no invasivo y continuo de monitorización del enfermo crítico ha desarrollado un prometedor recorrido también en las UCIP en los últimos 20 años, pero sin que se haya conseguido correlacionarlo firmemente con la evolución clínica.

Existen muchas referencias de estudios pediátricos, especialmente desarrollados en el campo de la cirugía cardíaca (34), aún quedan cuestiones por resolver antes de su introducción rutinaria en la práctica clínica (35), como conocer los valores límites que habría que evitar para minimizar el riesgo de una disfunción orgánica. Una mejor evidencia vendrá de ensayos que demuestren que incluir la monitorización NIRS en los protocolos terapéuticos supone una ventaja en los resultados.

2. JUSTIFICACIÓN

La causas de morbimortalidad de los pacientes cardiopatas intervenidos quirúrgicamente son multifactoriales, dentro de estas están el evento transquirúrgico, el cual es fundamental que transcurra sin complicaciones y con una adecuada perfusión orgánica, ya que esto puede impactar en la evolución y sobrevida de estos niños; dentro del monitoreo transoperatorio se ha tenido tradicionalmente la medición continua de la frecuencia cardíaca, presión arterial, saturación venosa central y del monitoreo que se considera no tan altamente sensible para cuando se activa la fase anaeróbica de la hipoperfusión, es la medición intermitente del lactato y el exceso de base, elevándose ya en fase tardía; actualmente se tiene disponible el NIRS (Near-infrared spectroscopy: NIRS) el cuál es un método no invasivo, de monitoreo continuo y temprano de la oxigenación tisular tanto cerebral como renal, que nos permite tener un valor medible de saturación regional de oxígeno, correlacionándose sus descensos agudos generalmente con eventos adversos que marcan mala perfusión, por lo que es de nuestro interés conocer si en nuestra población los niveles bajos en el transoperatorio tiene impacto en la evolución clínica de es esta población.

3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la evolución de los pacientes pediátricos con cardiopatía congénita sometidos a cirugía cardiovascular de acuerdo a los valores del NIRS cerebral y renal transquirúrgico en la unidad de terapia quirúrgica del Hospital Infantil de México?

4. HIPOTESIS

Los pacientes pediátricos con cardiopatía congénita sometidos a cirugía cardiovascular que presentan NIRS cerebral por debajo del 60% o menor del 20% del basal y NIRS renal menor de 70% o menor del 20% del basal, en el transquirúrgico, presentan complicaciones como encefalopatía, crisis convulsivas, lesión renal aguda, mayor score inotrópico, así como más días en terapia intensiva.

5. OBJETIVO GENERAL

Correlacionar la evolución la evolución de los pacientes pediátricos con cardiopatía congénita sometidos a cirugía cardiovascular con los valores del NIRS cerebral y renal transquirúrgico en la unidad de terapia quirúrgica del Hospital Infantil de México

6. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1.-Correlacionar la frecuencia de encefalopatía y/o crisis convulsivas con NIRS bajo en el transquirúrgico
- 2.-Correlacionar la frecuencia de falla renal con NIRS bajo en el transquirúrgico
- 3.- Correlacionar el score inotrópico con NIRS bajo en el transquirúrgico
- 4.- Correlacionar el score vasopresor con NIRS bajo en el transquirúrgico
- 5.- Correlacionar los niveles de lactato con NIRS bajo en el transquirúrgico
- 6.- Correlacionar las horas de ventilación mecánica con NIRS bajo en el transquirúrgico
- 7.- Correlacionar los días de terapia intensiva con NIRS bajo en el transquirúrgico

7. METODOLOGÍA

DISEÑO DE ESTUDIO

Estudio descriptivo, observacional, transversal, prospectivo.

VARIABLES

Variable	Interrelación	Naturaleza	Escala de medición	Definición operacional
Valores del NIRS cerebral	Independiente	Cuantitativa	Discreta	<60% o <20% basal (Bajo) >60% =o > al basal (Normal)
Valores del NIRS renal	Independiente	Cuantitativa	Discreta	<70% o < 20% basal (Bajo) >70 =o >20% basal (normal)
Cardiopatía	Independiente	Cualitativa	Nominal Politómica	Tipos de cardiopatía
Tipo de cirugía	Independiente	Cualitativa	Nominal Politómica	Tipos de cirugía
Lactato máximo transoperatorio	Dependiente	Cualitativa	Nominal Dicotómica	≥4 <4
Lactato a las 24 h	Dependiente	Cualitativa	Nominal Dicotómica	≥4 <4
Lactato a las 48 h	Dependiente	Cualitativa	Nominal Dicotómica	≥2 <2
Lactato a las 72 h	Dependiente	Cualitativa	Nominal Dicotómica	≥2 <2
Score inotrópico a las 24 h	Dependiente	Cualitativa	Nominal Dicotómica	≥20 <20
Score inotrópico a las 48 h	Dependiente	Cualitativa	Nominal Dicotómica	≥20 <20
Score inotrópico 72 h	Dependiente	Cualitativa	Nominal Dicotómica	≥20 <20

Encefalopatía	Dependiente	Cualitativa	Nominal Dicotómica	Presente Ausente
Crisis convulsivas	Dependiente	Cualitativa	Nominal Dicotómica	Presente Ausente
Lesión renal aguda	Dependiente	Cualitativa	Nominal Dicotómica	Presente Ausente
Síndrome de bajo gasto	Dependiente	Cualitativa	Nominal Dicotómica	Presente ausente
Horas de Ventilación Mecánica	Dependiente	Cuantitativa	Discreta	24 horas, 38 horas, 72 horas, 96 horas
Días terapia intensiva	Dependiente	Cuantitativa	Discreta	
SVO2 24 Hrs	Dependiente	Cualitativa	Nominal Dicotómica	<60
SVO2 48 Hrs	Dependiente	Cualitativa	Nominal Dicotómica	<60
SVO2 72 Hrs	Dependiente	Cualitativa	Nominal Dicotómica	<60
Muerte	Dependiente	Cualitativa	Nominal	Si/No

8. SELECCIÓN DE MUESTRA

TIPO DE MUESTREO

No probabilístico, muestreo por conveniencia

CRITERIOS DE INCLUSION

- Pacientes de 0 a 18 años con cardiopatía congénita compleja que sean sometidos a circulación extracorpórea en cirugía cardiovascular
- Tiempo de bomba mayor de 60 minutos
- Utilización de NIRS durante el transquirúrgico

CRITERIOS DE EXCLUSION

- Pacientes que fallezcan durante el procedimiento
- Hoja de recolección con información incompleta

9. PROCEDIMIENTO

Se realizó recolección de los datos de los pacientes que fueron intervenido quirúrgicamente de cardiopatía congénita con un tiempo de bomba mayor a 60 min, en el periodo de 21 noviembre del 2016 y 9 de junio del 2017, la recolección de datos se llevó a cabo a través de una hoja de recolección de datos (Anexo A) donde se recolectarán las variables de estudio, en su periodo prequirúrgico conforme a la edad, sexo, tipo de cardiopatía, saturación basal, pruebas de función renal, hepática así como biometría hemática, en el periodo transquirúrgico se recolecto los datos de tipo de cirugía, los valores de NIRS basales, mínimo y promedios, tiempo de bomba, pinzamiento, paro circulatorio, lactato máximo, saturación arterial, tensión arterial media, sangrado y score inotrópico, en su periodo post quirúrgico se dio seguimiento en sus primeras horas hasta el egreso de la terapia intensiva, recolectando los siguientes datos, lactato máximo, score inotrópico, horas de soporte ventilatorio, tensión arterial media, uresis, creatinina, ácido úrico, Glasgow, focalización neurológica, electroencefalograma, Posteriormente se realizó análisis estadístico con los resultados obtenidos, mediante Epi-info 7 de la CDC, se realizó correlación entre los grupo de NIRS bajo y NIRS normal mediante Chi ² , T de student y ODDS ratio

10. CONSIDERACIONES ETICAS

El protocolo de investigación cumple con las consideraciones emitidas en la Declaración de Helsinki, promulgada en 1964 y su última revisión en la 59^a Asamblea General, Seúl, Corea, octubre 2008; y con las guías internacionales para la investigación médica, adoptada por la OMS y el Consejo de Organizaciones Internacionales para Seres Humanos. En México cumple con lo establecido por la ley General de Salud, en Materia de Investigación para la Salud, en donde corresponde a una investigación sin riesgo ya que es un estudio que emplea técnicas y métodos de investigación documental prospectivo y no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada de las variables. (Título segundo, capítulo I, Artículo 17, Sección II, investigación sin riesgo).

Durante el estudio se mantiene la confidencialidad de los datos de los pacientes.

11. RESULTADOS

Se incluyeron 67 pacientes, de los cuales 29.8% son del sexo femenino, 69% del sexo masculino, con una edad media de 4.4 años \pm , de los cuales 35.8% (24/67) presentaron un NIRS cerebral bajo, mientras que el 64%(43/67) presentaron un NIRS cerebral normal (tabla 1). En cuanto al NIRS renal se realizó el estudio en 36 pacientes del grupo de los cuales 19 pacientes se mantuvieron valores dentro de rangos normales y 17 con valores bajos, de los cuales se revisó la función renal conforme a la clasificación AKIN encontrándose en el grupo de NIRS renal bajo lesión renal en el 100% de los pacientes de los cuales 23.5%(4/17) presentaron lesión renal AKIN I, 47% (8/17) presentaron lesión renal AKIN II, 29.4% (5/17) presentaron AKIN III, de los cuales 11.7% (2/17) necesitaron terapia de sustitución renal. En el grupo con NIRS renal normal el 84.2% (16/19) no presentaron alteración a nivel renal, el 15.7% presento lesión renal AKIN I, con una p 0.0000005 siendo estadísticamente significativa (tabla 4).

En relación a la presencia de crisis convulsivas en el grupo con NIRS cerebral bajo, el 37.5%(9/24) presentó eventos convulsivos, reportándose en 1 paciente estado epiléptico, mientras que el grupo con NIRS cerebral normal ninguno de los pacientes presentó crisis convulsivas, comparando ambos grupos se reporta una p= 0.00008 .

En relación a la presencia de encefalopatía diagnosticado por presencia de focalización neurológica, EEG con disfunción cerebral grave, en el grupo con NIRS cerebral bajo, el 45.8%(11/24) presentó encefalopatía, mientras que el grupo con NIRS cerebral normal ninguno de los pacientes presentó encefalopatía, comparando ambos grupos se reporta una p= 0.0000064 .

Respecto a la función renal de acuerdo a la clasificación de AKIN, en el grupo con NIRS cerebral bajo se encontró lesión renal en el 83.3% (20/24) de los pacientes,

mientras que el 16.7%(4/24) no presentaron lesión renal de acuerdo a AKIN realizado. En el grupo con NIRS cerebral normal se encontró una lesión renal 83.7% (36/43), el resto sin lesión renal 16.3% (7/43). Se realizó chi cuadrada para comparar ambos grupos, encontrando diferencia significativamente estadística con una $p = 1$.

Se tomaron en cuenta los lactatos séricos más altos en el transquirurgico, a las 24, 48 y 72 horas, los resultados se muestran en la tabla 6.

Se realizo correlación del lactato en el transquirúrgico de los cuales el grupo de NIRS Normal presentaron un promedio de 5.4, el grupo de NIRS cerebral bajo con un promedio de 8.61, se realiza una T de student con un valor de 0.00022 , se realiza correlación del lactato en las primeras 24 horas de los cuales el grupo de NIRS normal presentaron un promedio de 5.26, el grupo de NIRS cerebral bajo con un promedio de 9.7, se realiza T de student de ambos grupos el cual arroja un valor de 0.000146 .

Se realizó medición de reserva venosa a las 24, 48 y 72 horas los resultados se muestran en la tabla 7.

Respecto al Score inotrópico obtenido en los pacientes, el score fue obtenido en el transquirurgico, a las 24, 48, y 72 horas, se muestran los resultados obtenidos en la tabla 8.

Respecto al score inotrópico-vasoactivo en ambos grupos, se realizó medición del score, los resultados se muestran en la tabla 9.

En la tabla 10 representamos las horas de ventilación mecánica invasiva en comparación a los pacientes que cursaron con NIRS cerebral bajo y los con NIRS cerebral normal.

Del grupo con NIRS cerebral bajo, el 33.33%(8/16) presentó síndrome de bajo gasto cardíaco, mientras que el grupo con NIRS cerebral normal ninguno de los pacientes lo presentó. Al comparar ambos grupos se encuentra una diferencia estadísticamente significativa con una p 0.00027.

Respecto a los días de estancia intrahospitalaria, en el grupo con NIRS bajo el 29.16% (7/24) permaneció menos de 4 días, 70.83% (17/24) permanecieron 4 días o más. En el grupo de NIRS normal, 83.7% (36/43) permanecieron menos de 4 días de estancia, mientras que 16.2% (7/43) permanecieron mayor o igual de 4 días. Se realizó chi cuadrada para comparar los días de estancia intrahospitalaria, encontrando una diferencia significativamente estadística con una $p = 0.000026$ al comparar los pacientes que permanecieron menos de 4 días de estancia en la terapia intensiva versus los pacientes que duraron un mayor número de días de estancia.

En el grupo con NIRS bajo presentó una mortalidad del 25% (6/24), de los 6 pacientes 5 fallecieron en las primeras 12 horas de su ingreso en la terapia intensiva, de los cuales 4 presentaron choque hemorrágico y 1 paciente presentó arritmia (JET) el cual evolucionó a fibrilación ventricular con desenlace fatal, una paciente presentó choque séptico, falla multiorgánica, abscesos cerebrales, estado epiléptico, falleció en el día 45 de ingreso hospitalario, en el grupo de estudio las cirugías con mayor mortalidad fueron Mustard (100%), Norwood (100%), Dammus (100%), Glenn bidireccional (33%), Blalock taussig (16.6%), del grupo de NIRS cerebral Normal no se registró defunciones.

12. Discusión

El NIRS es un monitoreo no invasivo con alta sensibilidad y especificidad para detectar hipoperfusión regional, es un monitoreo actualmente de rutina en las terapias de primer mundo, de gran utilidad en el transoperatorio de cirugía cardíaca y de seguimiento en el postoperatorio (40), ya que los eventos de hipoperfusión detectados anteceden a las elevaciones de lactato y caídas de reserva venosa central (11). En nuestra serie de casos desafortunadamente no en todos se logró llevar la medición simultánea de ambos sitios (cerebral y renal), quizás por recursos limitados, de los 67 pacientes sólo en 36 se realizó ambas mediciones, por lo que analizamos por separados ambos grupos en cuanto a asociación con lesión renal, encontrando como en diferentes series (23) con NIRS renal por debajo de lo normal un alto porcentaje de falla renal, siendo el 100% de los pacientes con NIRS bajo (17 de 36 pacientes), con significancia estadística en relación al grupo de NIRS normal ($p \leq 0.000005$), asociándose NIRS renal normal un 15% de falla renal, siendo la etapa más temprana (AKIN1), que no evolucionó a otras etapas, en el grupo de NIRS bajo se tuvo 2 pacientes con necesidad de reemplazo renal, 47% AKINII y 29% AKIN III. De los pacientes que no tuvieron NIRS renal, sólo cerebral. la falla renal se presentó en un alto porcentaje aún con NIRS cerebral normal, por lo que hubiera sido de interés tener ambos monitoreos ya que la medición es regional, para poder realizar la sensibilidad y especificidad para el dx de falla renal Vs el diagnóstico clínico de acuerdo a los criterios de falla renal aguda. En relación a la parte neurológica en forma inmediata que nos mide el NIRS cerebral como es la presencia de crisis convulsivas y/o encefalopatía, esta última definida por compromiso de la escala de Glasgow sin crisis convulsivas y/o focalización clínica con o sin alteración electroencefalográfica, sólo los pacientes que tuvieron NIRS cerebral bajo presentaron este compromiso en un 37.5% (9/24), reportándose en 1 paciente estado epiléptico; comparando ambos grupos se reporta una $p \geq 0.00008$, que va muy de acuerdo en relación a reportes de series de casos (17). Es importante mencionar que no contamos con tiempo de duración de los niveles bajos de NIRS cerebral, lo que es importante para el impacto del neurodesarrollo a futuro, de acuerdo a lo reportado en la literatura (21). Estudios similares de NIRS cerebral reportaron una fuerte relación entre los niveles bajos de NIRS cerebral con la presencia de alteraciones neurológicas, así como en la revisión realizada por Nancy

S. Ghanayem (41) y George M. Hoffman (41), los cuales reportan la fuerte relación con incremento en el lactato cerebral, enlentecimiento electroencefalográfico, así como presencia de crisis convulsivas, Dent y cols (19) correlacionan lesiones cerebrales evolutivas en resonancia magnética con registros de rSO₂ por debajo de 45% durante más de 180 minutos, en nuestro estudio se encuentra una fuerte relación entre NIRS cerebral bajo y presencia de crisis convulsivas, focalización neurológica así como alteraciones electroencefalograficas el cual atribuimos a hipoxia cerebral en el transquirúrgico.

En relación al lactato y NIRS cerebral, se tomaron como punto de referencia los estudios realizados por Chakravarti (39), Kurth, Levy, McCann (38) así como Hoffman y cols (25) el cual establecieron en sus estudios lactato alto arriba de 4 en el transquirúrgico y durante las primeras 24 hrs en el post operatorio, en nuestro grupo de NIRS cerebral bajo y normal tanto en el transquirúrgico como en las primeras 24 horas no presento relevancia estadística tomando en cuenta el valor de lactato de 4mmol/dl, como un corte de valor esperado y aceptado como normal, se realizó la t de student para comparación de medias encontrándose en el transquirúrgico en los pacientes con NIRS normal el valor promedio fue de 5.01mmol/dl, en comparación con los de NIRS bajo 7.04, con una $p \leq 0.00022$; a las 24 horas en el grupo de NIRS normal el lactato permaneció en promedio en 4.28 Vs 6.94 mmol/dl en el grupo de NIRS bajo, con $p \leq 0.00014$, saliendo nuestra población de estudio de la normalidad descrita para valores de lactatos y perfusión aceptable, siendo mucho más alto que el reportado en la literatura internacional en el transquirúrgico así como en las primeras 24 horas (38); esto es difícil asevéralo pero quizás sea multifactorial y dentro de lo descrito esta la técnica de perfusión (presiones de perfusión, cardiología, etc.); lo mismo que el tiempo de circulación extracorpórea que en nuestra población con NIRS cerebral normal fue de 99.48 minutos y en el grupo de NIRS cerebral bajo de 145.3 minutos, lo que fue en concordancia con mayores lactatos y menores valores de NIRS en forma global, haciendo énfasis que una buena técnica de perfusión e intervenciones anestésicas adecuadas nos pueden lograr mantener una adecuada perfusión en los órganos aún con 180 minutos de bypass (26), ya que el tiempo de bomba va en relación a la complejidad quirúrgica. En nuestra serie se encontró correlación estadística de acuerdo a lo reportado por Kurth CD(39), Levy WJ, McCann (38) y Hoffman (25) en cuanto a los pacientes que tienen NIRS cerebral bajo, presentando mayor lactato a

las 48 y 72 horas, cabe mencionar que el número de muestra disminuyó a los 48 hrs en el grupo de NIRS bajo por 5 defunciones en las primeras 24 hrs.

En nuestro estudio se incluyó la reserva venosa central en pacientes con cardiopatía acianogena y cianógeno, se tomó como punto de referencia saturación venosa de 60% o menor al 20% del basal, al igual a lo establecido en los estudios realizados por Kurth CD(39), Levy WJ, McCann (38), los cuales se reportó que en las primeras 24 horas el grupo de NIRS cerebral bajo presentaron el 75% (18/24) reserva venosa baja, en el grupo de NIRS cerebral normal el 53.4% (23/43) presentaron reserva venosa baja, siendo en la comparación estadística un $p \leq 0.14$ el cual no tiene impacto estadístico, con una media de 42.33% de reserva venosa en el grupo de NIRS bajo en comparación de 60.5 de promedio en el grupo de NIRS cerebral normal, al igual que lo reportado con el lactato, sin embargo al comparar las medias de ambos grupos con T de student, se obtiene significancia estadística con una $p \leq 0.00000055$ comparado con los valores de Kurth CD(39), Levy WJ, McCann, desafortunadamente en nuestro estudio no contamos con medición transquirúrgica de reserva venosa, contando sólo con las de las primeras 72 horas, correlacionando valores bajos con los pacientes de mala evolución a las 48 y 72 horas ($p \leq 0.0034$). reportado similar a lo reportado por Kurth CD(39), Levy WJ, McCann (38).

Se realizó comparación del score inotrópico de acuerdo a lo publicado por Michael G. Gaies and Cols, el cual en su estudio reportó la relación del Score inotrópico y el incremento de la mortalidad, catalogándolo como alto \geq a 20, se realizó una comparación de los dos grupos de NIRS bajo y NIRS alto así como la correlación con la necesidad de score inotrópico durante el transquirúrgico, a las 24, 48 y 72 horas los cuales se encontró que en el transquirúrgico y durante las primeras 24 horas el grupo con NIRS cerebral bajo, el 58.3% (14/24) presentó un score alto, el grupo de NIRS cerebral normal no se reportó score alto, la comparación de ambos grupos con una $p \leq 0.00000011$, el cual es significativo. Persistiendo a las 48 horas el grupo de NIRS cerebral bajo en un 58.33% (14/24) con un score alto $p \leq 0.00000011$.

A las 72 horas en ambos grupos no se reporta diferencia en el score inotrópico alto, lo que nos habla de una mejoría en los pacientes de NIRS cerebral bajo, en el sentido hemodinámico, por lo que observamos que el grupo con NIRS cerebral bajo requirió de mayor soporte inotrópico en el transquirúrgico así como en las primeras 48 horas de evolución en la terapia intensiva, cabe mencionar que el tamaño de

muestra disminuyó por 5 defunciones en las primeras 24 horas en el grupo de NIRS cerebral bajo. En el estudio de Hoffman GM, Ghanayem NS, Mussatto KM, et al (25), el cual describió la evolución de 180 pacientes donde el grupo con relación de NIRS cerebral-somático bajo presentaron mayor comorbilidades con incremento en la necesidad de fármacos inotrópicos así como vasopresores, no se encontró un estudio el cual compare la relación NIRS cerebral y score inotrópico o score inotrópico-vasoactivo, Michael G. Gaies and Cols (40) en relación a niveles altos de ambos, demostró una fuerte relación con un incremento en la morbilidad y la mortalidad en ambos grupos, con una mayor relación en las primeras 24 horas posterior a la cirugía cardiovascular, mostrando una relación similar con nuestro estudio, ya que los pacientes que presentaron un score inotrópico > 20 presentaron una mortalidad del 25%, además de establecer una fuerte relación en niveles bajo de NIRS cerebral y la mayor necesidad de inotrópicos. En cuanto al score inotrópico-vasoactivo se encontró que en el transquirúrgico el grupo con NIRS cerebral bajo el 54.17% (13/24) presentó un score mayor a 25, con una $p \leq 0.000029$. En las primeras 24 horas el grupo de NIRS cerebral bajo (45.8%) (11/24) presentó un score inotrópico-vasoactivo alto, con una $p \leq 0.000029$.

En cuanto a las horas de ventilación mecánica invasiva la diferencia en ambos grupos se observó después de las 24 horas, logrando extubarse en el grupo de NIRS normal a un 89% Vs 21 %, $p \leq 0.000003$, a las 72 hrs 44% Vs NIRS bajo 11.6%, $p \leq 0.012$, manteniéndose a las 96 horas mayor éxito en los pacientes con NIRS normal ($p \leq 0.002$). De los estudios reportados donde compararon los valores del NIRS con la necesidad de ventilación mecánica, Slater JP, Guarino T, Stack J(37) et al reportó la relación entre horas ventilación con NIRS cerebral < 60% en pacientes operados de cirugía ventricular, demostrando la necesidad de mayor número de horas de ventilación mecánica así como estancia hospitalaria prolongada(31), en nuestro estudio reporta que el grupo de NIRS cerebral bajo requirió mayor número de horas de ventilación mecánica invasiva con una media de 84 hrs de ventilación mecánica en relación de 36 hrs en los pacientes con NIRS cerebral normal.

Se observó en el grupo de NIRS cerebral bajo que requirieron mayores días de estancia en la terapia intensiva en comparación a los reportados con NIRS cerebral normal, en el grupo de NIRS cerebral bajo, el 70.8% de los pacientes requirió un tiempo de estancia en terapia intensiva mayor a 96 hrs en comparación

con 16% del grupo de NIRS cerebral normal, mostrando una $p \leq 0.000026$, al igual que el demostrado en estudios similares como el de Austin y cols realizado en 1997, el cual vieron los días de estancia hospitalaria corroborado con los niveles bajos de NIRS cerebral tranquirúrgicos, su serie incluía 250 pacientes de los cuales se prolongó su estancia hospitalaria en un rango de 4.8 días (20)

En relación a la presentación de síndrome de bajo gasto cardíaco, una morbilidad que se presenta aproximadamente en un 25-30% en la mayoría de las series, en nuestros pacientes con NIRS normal no se presentó, pero sí en un 33% de los de NIRS bajo, con una $p \leq 0.00027$. Cabe mencionar que en el grupo con NIRS bajo presentó una mortalidad del 25% (6/24), de los cuales 4 pacientes fallecieron por choque hemorrágico, 1 por arritmia, y 1 paciente a los 45 días por falla multiorgánica y choque séptico. En el grupo de NIRS cerebral normal no se reportaron defunciones. Se describe esta relación entre síndrome de bajo gasto con NIRS cerebral bajo en el estudio realizado por Hoffman GM, Ghanayem NS, Mussatto KM, et al (25) el cual previamente se describió

13. CONCLUSIÓN

El NIRS es una herramienta de monitorización no invasiva, el cual nos permite monitorizar de forma continua la SO₂ regional tanto a nivel cerebral, renal somática, el cual en distintos estudios mostraron su utilidad en cuanto al manejo transoperatorio y en las unidades de terapia intensiva, en nuestro estudio se corrobora la relación en cuanto a las alteraciones en el transquirúrgico tiene impacto clínico en la evolución de paciente, se observó que niveles bajos NIRS cerebral se relacionan con la presencia de alteraciones neurológicas presentando encefalopatía (Glasgow bajo, disfunción en el EEG, focalización), así como convulsiones, mayor estancia en la terapia intensiva, mayor número de horas de ventilación mecánica y mayor soporte inotrópico-vasoactivo todo esto repercutiendo en la morbilidad y mortalidad de nuestros pacientes, nos hace plantear la interrogante de la necesidad de contar con este equipo en nuestras unidades de terapia intensiva.

14. LIMITACIÓN DEL ESTUDIO

El Estudio incluyó 67 pacientes de los cuales 35.8% presentaron un NIRS cerebral bajo, mientras que el 64% presentaron un NIRS cerebral normal siendo una distribución no equitativa, además de no contar con NIRS renal en los 67 pacientes sino solo en 36 pacientes, lo que limitó la comparación y el impacto de la monitorización NIRS como medición de la SO₂ regional en dos órganos los cuales tienen flujo vascular preferencial y ambos como demostró nos dan un indicador indirecto de la perfusión en los demás órganos como Hoffman y cols (25) lo realizaron en su estudio.

No se contó con reserva venosa transquirúrgica la cual nos daría un panorama del consumo de oxígeno y la demanda metabólica del paciente en su transquirúrgico y la relación con el NIRS cerebral y renal.

15. CALENDARIO DE ACTIVIDADES

Actividad/Tiempo	2016		2017		
	Sept-Nov	Diciembre	Ene-Junio	Julio	Diciembre
Protocolo de Investigación •Elaboración del protocolo • Revisión de bibliografía • Realización del protocolo					
Presentación del Protocolo de Investigación					
Recolección de datos					
Análisis de Resultados					
Discusión y Conclusiones					
Revisión Bibliográfica					
Presentación de Tesis y obtención del grado en la Subespecialidad Atención de paciente en estado crítico pediátrico					

16. ANEXO

Tabla 1

POBLACION DE ESTUDIO						
Población	Sexo	Edad promedio	NIRS normal cerebral	NIRS bajo cerebral	NIRS normal renal	NIRS bajo renal
67 pacientes	Femeninos 60% (40) Masculinos 40% (27)	4años 4 meses	35.8% (24)	64% (43)	19/36	17/36

Tabla 2

TI PO DE CIRUGÍA REALIZADA	Porcentaje de pacientes (n = 67)
Cierre de CIV	23.8% (16/67)9
Corrección total de Tetralogía de Fallot	16.4% (11/67)153.5
Glenn bidireccional	8.9% (6/67)1
Cirugía Blalock Taussig	8.9% (6/67)0.25
Coartectomía termino-terminal de Coartación aórtica	7.4% (5/67)1.5
Cierre de CIA	7.4% (5/67)3.8
Cirugía de Fontan	4.4% (3/67)9.7
Corrección total de Doble tracto de salida del ventrículo derecho	2.9% (2/67)0.3
Valvuloplastia pulmonar	2.9% (2/67)0.3
Recambio valvular mitral	2.9% (2/67)10
Cirugía de Mustard	2.9% (2/67)0.3
Corrección de conexión anómala parcial de venas pulmonares	2.9% (2/67)0.4
Cirugía de Norwood	1.4%(1/67)0.2
Rodete subaórtico	1.4%(1/67)0.3
Cirugía Damus-Kaye	1.4%(1/67)0.4
Corrección de conexión anómala total de venas pulmonares	1.4%(1/67)0.3
cierre de canal A-V	1.4%(1/67)0.6

Tabla 3

TABLA DE CONTINGENCIA NIRS CEREBRAL					
Variables transquirúrgicas	NIRS normal n=	NIRS bajo n=	P	OR	IC
Lactato ≤5mmol/L	22	5	0.04	3.6 (1.14)	95
Lactato ≥5mmol/L	21	19			
Tiempo de bomba <120	30	5	0.0002	18(4.5)	95
Tiempo de bomba ≥120	5	15	5		
Tiempo pinzamiento <60	24	3	0.0002	14.2(3.3)	95
Tiempo pinzamiento ≥60	9	16	4		
Con Paro circulatorio	2	8	0.005	10.25	95
Sin Paro circulatorio	41	16		(1.96)	
Hipotermia Profunda Sí	1	8	0.0012	21. (2.48)	95
Hipotermia Profunda No	43	16			
Variables postoperatorias	NIRS normal n=	NIRS bajo n=	p	OR	IC
SBGC si	0	6	0.0001	Indefinido	
SBGC no	43	18	1		
AKIN Si	36	20	1	0.97	95
AKIN No	7	4		(0.25)	
Crisis convulsivas	0/43	9/24	0.0000 8	Indefinido	
Encefalopatía	0/43	11/24	0.00000€	Indefinido	
Lactato al ingreso ≤5mmol/L	22	5	0.03	3.98	95
Lactato al ingreso ≥5mmol/L	21	19		(1.25)	
Ventilación mecánica <48 horas	9	16	0.0000 03	30.2(5.8)	95
Ventilación mecánica ≥48 horas	34	2			
Score inotrópico a las 24 horas 20≥	0	14/24	0.0000 0011	Indefinido	
Score de vasoactivos a las 24 horas 25≥	3/43	13/24	0.0000 2	16.9(4.09)	95
Días de terapia mayor a 4 días	7/43	17/24	0.0000 2	12.48 (3.77)	95

Tabla 4

Tabla. Comparación de medias, prueba T de Student variables independientes				
	NIRS normal	NIRS bajo	Valor de p	Diferencia de medias
Lactato transoperatorio	5.01	7.04	0.04	0.00022
Lactato al ingreso	5.14	7.32	0.58	0.00022
Lactato a las 24 horas	4.28	6.94	0.58	0.000146
Lactato a las 48 horas	0.66	1.49	0.071	0.0017
Tiempo Bomba	99.48	145.3	0.00025	0.00013
Tiempo pinzamiento	50.2	90.99	0.00024	0.0000008
Hipotermia	30.5	30.3	0.0012	0.72
Tiempo paro circulatorio	15	25	0.0005	0.12
SvO2 a las 24 horas	60.5	42.33	0.14	0.00000055
SvO2 a las 48 horas	66.46	50.84	0.034	0.0003
Score de inotrópicos 24 horas	12.22	19.61	0.00000011	0.00004
Score inotrópico 48 horas	0.12	10.16	0.00000011	0.004
Score de vasoactivos más alto 24 horas	9.59	48.45	0.0000064	0.00042
Score de vasoactivos 48 horas	1.33	16.69	0.0019	0.0026
Estancia UCIP (promedio días)	1.2	6.8 días	0.000026	0.0018
Horas de ventilación promedio	36 horas	84 horas	0.012	0.0044

TABLA 5. LACTATO SERICO EN PACIENTES POSQUIRURGICOS

	NIRS RENAL NORMAL	NIRS RENAL BAJO	CHI CUADRADA
NORMAL	84.2% (16/19)	0	p 0.0000005
AKIN I	15.7% (3/19)	23.5%(4/17)	
AKIN II	0	47% (8/17)	
AKIN III	0	29.4% (5/17)	

TABLA 6. LACTATO SERICO EN PACIENTES POSQUIRURGICOS

	NIRS CEREBRAL NORMAL	NIRS CEREBRAL BAJO	CHI CUADRADA
LACTATO ≥4 TRASQUIRÚRGICO	79.07% (34/43)	83.33%(20/24)	p = 0.91
LACTATO ≥4 24H	83.72% (36/43)	91.67%(22/24)	p= 0.58
LACTATO ≥2 48H	6.98%(3/43)	38.9% (7/18) *	p = 0.0071
LACTATO ≥2 72H	(0/43)	27.78% (5/18)	p = 0.023

* Tras el seguimiento de estos pacientes a las 48 horas, el tamaño de muestra de los grupos cambió debido a la defunción de 6 pacientes en el grupo de NIRS cerebral bajo

TABLA 7 RESERVA VENOSA EN PACIENTES POSTQUIRÚRGICOS

	NIRS CEREBRAL NORMAL	NIRS CEREBRAL BAJO	CHI CUADRADA
RV<60 24 H	53.4%(23/43)	75%(18/24)	p = 0.14
RV <60 48 H	23.2%(10/43)	66%(12/18)*	p = 0.0034
RV <60 72 H	23.2%(10/43)	55.5%(10/18)*	P = 0.031

- Tras el seguimiento de estos pacientes a las 48 horas, el tamaño de muestra de los grupos cambió debido a la defunción de 6 pacientes en el grupo de NIRS cerebral bajo

TABLA 8. SCORE INOTRÓPICO EN PACIENTES POSTUIRURGICOS

	NIRS CEREBRAL NORMAL	NIRS CEREBRAL BAJO	CHI CUADRADA
SCORE ≥20 TRANSQUIRÚRGICO	0	58.33% (14/24)	p = 0.00000011
SCORE ≥20 24 H	0	58.33% (14/24)	p = 0.00000011
SCORE ≥20 48 H	0	27.78% (5/18)*	p = 0.00000011
SCORE ≥20 72 H	0	0	-

- * Tras el seguimiento de estos pacientes a las 48 horas, el tamaño de muestra de los grupos cambió debido a la defunción de 6 pacientes en el grupo de NIRS cerebral bajo

TABLA 9. SCORE INOTRÓPICO-VASOACTIVO EN PACIENTES POSTUIRURGICOS

	NIRS CEREBRAL NORMAL	NIRS CEREBRAL BAJO	CHI CUADRADA
SCORE ≥25 TRANSQUIRÚRGICO	18.75% (3/40)	54.17% (13/24)	p = 0.000029
SCORE ≥25 24 H	0	45.8% (11/24)	p= 0.0000064
SCORE ≥25 48 H	0	27.78% (5/18)*	p = 0.0019
SCORE ≥25 72 H	0	0	-

- * Tras el seguimiento de estos pacientes a las 48 horas, el tamaño de muestra de los grupos cambió debido a la defunción de 6 pacientes en el grupo de NIRS cerebral bajo.

TABLA 10. HORAS DE VENTILACIÓN MECANICA

	NIRS CEREBRAL NORMAL	NIRS CEREBRAL BAJO	CHI CUADRADA
24 HORAS VMC	100% (43/43)	100% (24/24)	-
48 HORAS VMC	20.93% (9/43)	88,89% (16/18)*	p = 0.000003
72 HORAS VMC	11.63% (5/43)	44.44% (8/18) *	p = 0.012012
96 HORAS VMC	2.33% (1/43)	33.33% (6/18)*	p =0.002485

* Tras el seguimiento de estos pacientes a las 48 horas, el tamaño de muestra de los grupos cambió debido a la defunción de 6 pacientes en el grupo de NIRS cerebral bajo



Hoja de recolección de datos

Hospital Infantil de México Federico Gómez

Correlación de los valores del NIRS cerebral y renal transquirúrgico de cardiopatías complejas con las complicaciones post operatorias de los pacientes

Datos de afiliación:

Apellido Paterno	Apellido Materno	Nombres
Registro:	Edad:	Sexo:

Diagnóstico preoperatorio:	Diagnósticos post Operatorio:
----------------------------	-------------------------------

Datos clínicos Preoperatorios:	Fc:	SaO2:	Ta:	TAM:
--------------------------------	-----	-------	-----	------

NIRS BASAL: CEREBRAL:	RENAL:
-----------------------	--------

Datos clínicos transquirúrgicos:	TA Mínima:	SaO2 mínima:	Lactato máximo:
----------------------------------	------------	--------------	-----------------

pH mínimo:	Hipotermia:	Sangrado:	Tiempo de CEC:
------------	-------------	-----------	----------------

Tiempo de Pinzamiento aórtico:	Tiempo de paro:
--------------------------------	-----------------

Transfusión de Hemoderivados:	CE:	Plasma	Crioprecipitados:
-------------------------------	-----	--------	-------------------

Plaquetas:	Sangre reconstituida	Octapro:
------------	----------------------	----------

NIRS mínimo:	Cerebral:	RENAL:
--------------	-----------	--------

NIRS PROMEDIO:	Cerebral:	RENAL:
----------------	-----------	--------

Tiempo quirúrgico:	Tiempo anestésico:
--------------------	--------------------

Score Aminas:

Eventualidades tranquirúrgico:

Datos clínicos Postquirúrgico:	24hrs	48 hrs	72 hrs	96hrs	130 hrs	EVENTUALIDAD:
Lactato:						
Temperatura:						
TAM:						
Fc:						
Ritmo:						
PVC:						
Reserva venosa						
FEVI:						
PSVD:						
EKG						
IO/Kirby:						
Soporte ventilatorio						EEG/TAC:
Aminas:						
Hb:						
Glicemia:						
Creatinina:						
AKIN:						Sangrado/ Hemoderivados:
UMH						
BUN/AU						
Glasgow						
Focalización:						
Convulsiones						

17. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. Grether GP. Epidemiología y genética de las malformaciones cardiovasculares congénitas. En: Attie F, Calderón CJ, Zabal CC, Buendía HA, editores. *Cardiología pediátrica*. 2a ed. México: Panamericana; 2013. p. 9-15
2. Maniewski R, Liebert A, Kacprzak M, Zibiec A. Selected applications of near infrared optical methods in medical diagnosis. *Institute of Biocybernetics and Biomedical Engineering, Polish Academy of Sciences Opto-Electron Rev* 2004;12(3):255-261
3. Crookes BA, Cohn SM, Bloch S. C Near-infrared spectroscopy identify the severity of shock in trauma patients? *J Trauma* 2010;58:806-816.
4. Cohn SM. Near Infrared Spectroscopy: Potential Clinical Benefits in Surgery. *J Am Coll Surg* 2007;205(2):322-332.
5. Redlin Mathias. Regional differences in tissue oxygenation during cardiopulmonary bypass for correction of congenital heart disease in neonates and small infants: Relevance of near- infrared spectroscopy. *J Thorac Cardiovasc Surg*; 2014; 136: 962-967.
6. Umamaheswara Gane. Changing trends in monitoring brain ischemia: from intracranial pressure to cerebral oximetry. *Current Opinion in Anesthesiology*; 2011; 24: 487-494.
7. Tobias Joseph. Cerebral oxygenation monitoring: near infrared spectroscopy. *Expert Rev. Med. Devices*; 2016; 3: 235- 243.
8. Drayna PC, Abramo TJ, Estrada C. Near-Infrared Spectroscopy in the Critical Setting. *Pediatr Emer Care* 2011;27:432-442..
9. Knirsw W. Regional Cerebral Oxygenation by NIRS does not correlate with central or jugular venous oxygen saturation during interventional catheterization in children. *Acta Anaesthesiologica Scandinavica*; 2012; 52: 1370-1374.
10. Xiaowei S. Brain protection during pediatric cardiopulmonary bypass. *Arti Organs*. 2011; 34: 91-102.

11. Mittnacht A. Near infrared spectroscopy in children with high risk of low perfusion. *Curr Opin Anesthesiol.* 2010; 23: 342-347.
12. Nagdyman N, Fleck T, Schubert S, et al. Comparison between cerebral tissue oxygenation index by near-infrared spectroscopy and venous jugular bulb saturation in children. *Intensive Care Med* 2005;31:846–850
13. Daubeney PE, Pilkington SN, Janke E, et al. Cerebral oxygenation measured by near-infrared spectroscopy: comparison with jugular bulb oximetry. *Ann Thorac Surg* 1996;61:930–934.
14. Nagdyman N, Ewert P, Peters B, et al. Comparison of different near-infrared spectroscopic cerebral oxygenation indices with central venous and jugular venous oxygenation saturation in children. *Paediatr Anaesth* 2008;18:160–166.
15. Nagdyman N, Fleck T, Barth S, et al. Relation of cerebral tissue oxygenation index to central venous oxygen saturation in children. *Intensive Care Med* 2004; 30:468-71.
16. Ranucci M, Isgro G, De la Torre T, et al. Near-infrared spectroscopy correlates with continuous superior vena cava oxygen saturation in pediatric cardiac surgery patients. *Paediatr Anaesth* 2008;18:1163–1169.
17. Tortoriello TA, Stayer SA, Mott AR, et al. A noninvasive estimation of mixed venous oxygen saturation using near-infrared spectroscopy by cerebral oximetry in pediatric cardiac surgery patients. *Paediatr Anaesth* 2005;15:495– 503. 188
18. Kirshbom PM, Forbess JM, Kogon BE, et al. Cerebral near infrared spectroscopy is reliable marker of systemic perfusion in awake single ventricle children. *Pediatr Cardiol* 2007;28:42–45.
19. Dent CL. Brain magnetic resonance imaging abnormalities after the Norwood procedure using regional cerebral perfusion. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2006;131:190-197.
20. Austin EH, Edmonds H, Seremet V, et al. Benefit of neurophysiologic monitoring for pediatric cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1997;114:707–717.
21. Vohra HA, Modi A, Ohri SK. Does use of intra-operative cerebral regional oxygen saturation monitoring during cardiac surgery lead to improved clinical outcomes? *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2009;9:318-322.

22. Kussman BD, Wypij D, Laussen PC, et al. Relationship of intraoperative cerebral oxygen saturation to neurodevelopmental outcome and brain magnetic resonance imaging at 1 year of age in infants undergoing biventricular repair. *Circulation* 2010;122:245–254.
23. Kussman B D, Wypij D, DiNardo J A, et al. Cerebral Oximetry During Infant Cardiac Surgery: Evaluation and Relationship to Early Postoperative Outcome. *Anesth Analg* 2009;108:1122–1131.
24. Durandy Y, Rubatti M, Couturier R. Near Infrared Spectroscopy during pediatric cardiac surgery: errors and pitfalls. *Perfusion* 2011;26:441-6.
25. Hoffman GM, Ghanayem NS, Tweddell JS. Noninvasive assessment of cardiac output. *Seminars in Thoracic Cardiovascular Surgery: Pediatr Card Surg Ann* 2005; 8:12-21. 189
26. Mc Quillen PS, Nishimoto MS, Bottrell CL, et al. Regional and central venous oxygen saturation monitoring following pediatric cardiac surgery : Concordance and association with clinical variables. *Pediatr Crit Care Med* 2007;8:154-160.
27. Kaufman J, Almodovar MC, Zuk J, et al. Correlation of abdominal site nearinfrared spectroscopy with gastric tonometry in infants following surgery for congenital heart disease. *Pediatr Crit Care Med* 2008;9:62-68.
28. Redlin M, Koster A, Huebler M, et al. Regional differences in tissue oxygenation during cardiopulmonary bypass for correction of congenital heart disease in neonates and small infants: relevance of near-infrared spectroscopy. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2008;136:962 -967.
29. Hoffman GM, Stuth EA, Jaquiss RD, 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;127:223–233.
30. Berens RJ, et al. NIRS monitoring during pediatric aortic coarctation repair. *Pediatric Anesthesia* 2006;16:777-781.
31. Johnson BA, Hoffman GM, Tweddell JS, et al. Near-infrared spectroscopy in neonates before palliation of hypoplastic left heart syndrome. *Ann Thorac Surg* 2009;87:571–7.

32. Hanson SJ, Berens RJ, Havens PL, et al. Effect of volume resuscitation on regional perfusion in dehydrated pediatric patient as measured by 2 site NIRS. *Ped Emer Care* 2009;25:150-153. 190
33. Kleinman ME, de Caen AR, Chameides L, et al. Part 10: Pediatric basic and advanced life support: 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. *Circulation* 2010; 122:S466–S515.
34. Johnson B, Chang AC. Near-Infrared spectroscopy and tissue oxygenation: The unremitting quest for the holy grail. *Pediatr Crit Care Med* 2008;9:123-4.
35. Chakravarti S, Srivastava S, Mittnacht JC. Near Infrared Spectroscopy (NIRS) in children. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth* 2008;12:70-79.
36. Lübbers DW, Baumgärtl H: Heterogeneities and profiles of oxygen pressure in brain and kidney as examples of the pO₂ distribution in the living tissue. *Kidney Int* 1997; 51:372–380
37. Slater JP, Guarino T, Stack J, et al: Cerebral oxygen desaturation predicts cognitive decline and longer hospital stay after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2009; 87:36–44
38. Chakravarti SB, Mittnacht AJ, Katz JC, et al: Multisite near-infrared spectroscopy predicts elevated blood lactate level in children after cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2009; 23:663–667
39. Kurth CD, Steven JL, Montenegro LM, et al: Cerebral oxygen saturation before congenital heart surgery. *Ann Thorac Surg* 2001; 72:187–192
40. Michael G. Gaies, MD^{1,2}, Howard E. Jeffries, MD³, et al: Vasoactive-Inotropic Score (VIS) is Associated with Outcome After Infant Cardiac Surgery: An Analysis from the Pediatric Cardiac Critical Care Consortium (PC4) and Virtual PICU System Registries. *Pediatr Crit Care Med*. 2014 July ; 15(6): 529–537
41. Nancy S. Ghanayem, MD ; George M. Hoffman, MD: Near Infrared Spectroscopy as a Hemodynamic Monitor in Critical Illness. *Pediatr Crit Care Med* 2016; 17:S201–S206)