

NIRS

Near Infrared Spectroscopy

Espectroscopia de luz cercana al infrarrojo

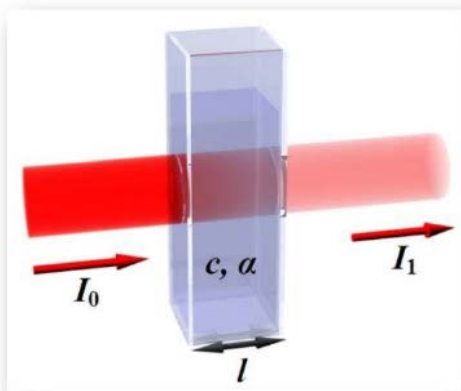
FRANCISCA VERGARA – RESIDENTE 2 PEDITRIA

USS – HOSPITAL PUERTO MONTT

NIRS

- Método no invasivo que permite monitorizar en forma continua oxigenación tisular
- Se basa en la transparencia relativa de los tejidos biológicos a la luz infrarroja en rango de longitudes de onda que van de 700-900 nm
- Detección de variaciones en las concentraciones de oxihemoglobina y desoxihemoglobina

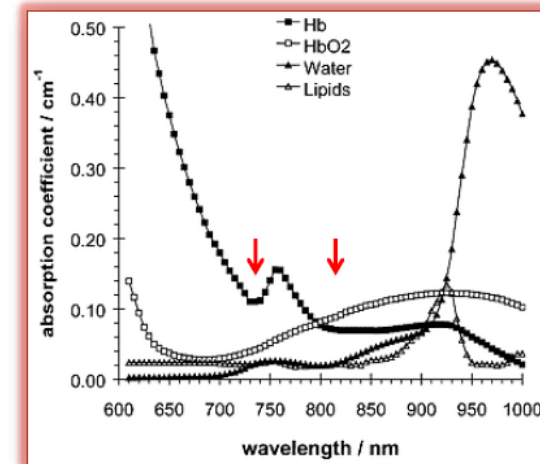
Ley de Beer - Lambert



$$\log I_0/I = \text{Absorbance}$$

Beer's Law
Absorbance = $\epsilon \times \text{conc} \times l$

Espectro Absorción de Hb a nivel infrarrojo



El sistema INVOS[®]

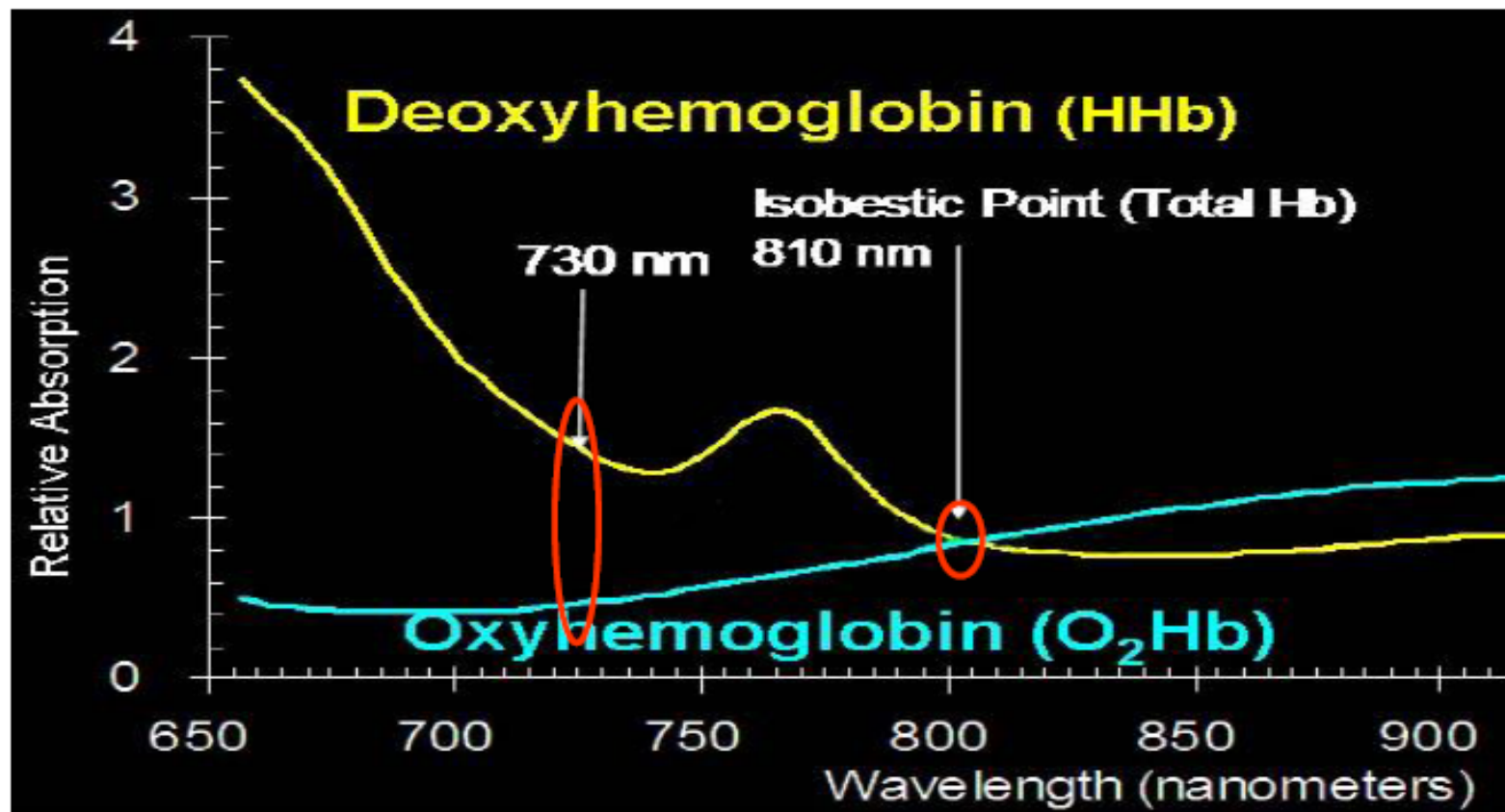


Gracias al análisis del lecho micro-vascular mediante NIRS; es posible obtener información clínica sobre el estado del nivel de perfusión del tejido situado por debajo del sensor.

Información sobre el estado del nivel de Perfusión en diferentes lechos vasculares

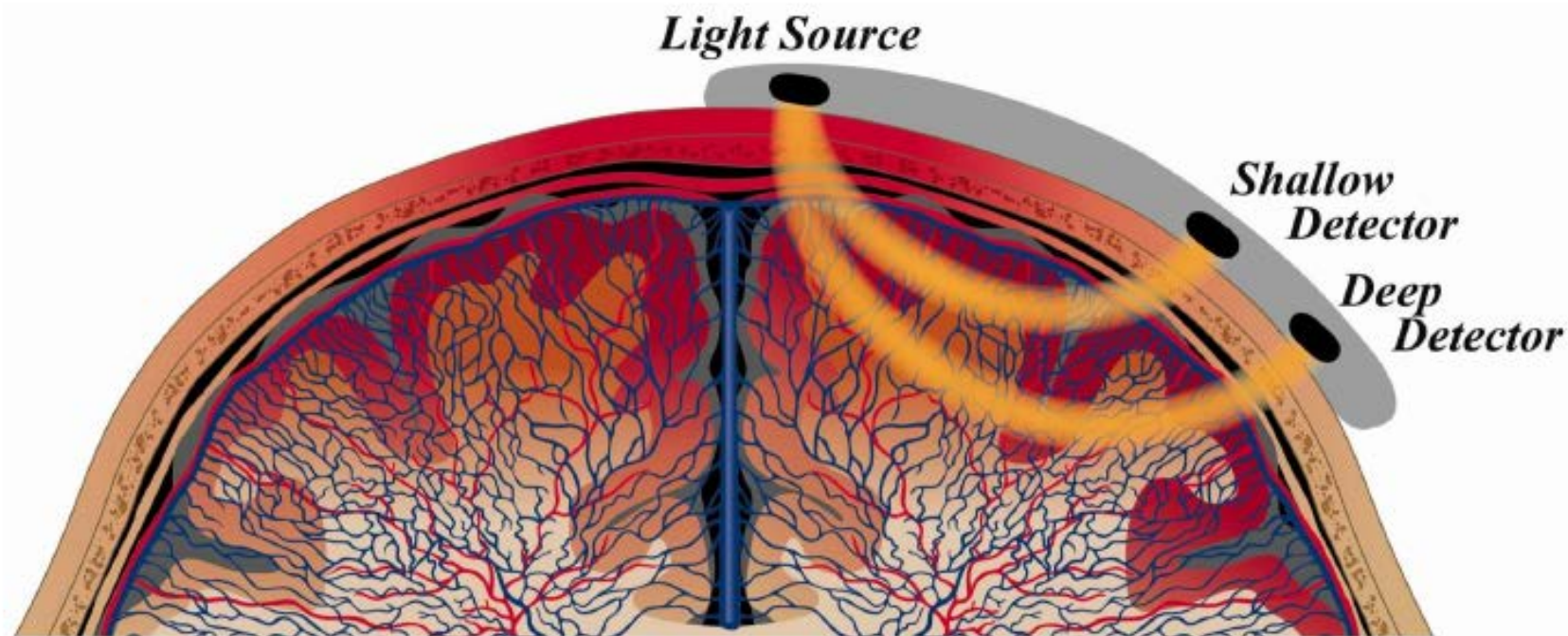
El sistema Invos de oximetría por NIRS utiliza luz en 2 longitudes de onda para medir la saturación de O₂

$$(1 - HHb/Hb_{total}) \cdot 100 = \% rSO_2$$



A diferencia de la SpO₂ y la SvO₂, cada monitor utiliza algoritmos de medición diferentes; por lo que no es posible intercambiar valores, resultados o evidencia clínica

¿Como funciona el sistema INVOS?



El sistema INVOS utiliza haces de luz que penetran en el tejido a profundidades diferentes, al sustraer del valor total la medición del tejido superior, obtenemos los valores de oxigenación de los tejidos más profundos.

Clinical Condition	Clinical Benefit of INVOS™ System	Value Implication	Cost Implication
PDA (Patent Ductus Arteriosus)	• Monitor drug therapy • Monitor efficacy • Identify clinical resolution	• Optimization of drug use • Surgical ligation vs. Medical therapy	• Surgical ligation = \$14,000+ • Medical resolution = \$1,250
NEC (Necrotizing Enterocolitis)	• Monitor feeding tolerance • Early detection of compromised gut perfusion	• Discern surgical vs. medical NEC	• Surgical NEC = \$186K • Medical NEC = \$74K
Congenital Heart Repair	• Identify cerebral hypoxia, shock • Never event avoidance	• Minimize neurological morbidities • Improved developmental outcome	• ~ use of therapeutic gases • Mechanical ventilation = \$1,500/day
Transfusion	• Rational use of blood • Reduction in transfusion injuries	• ~ LOS • ~ blood use	• 1 pint PRBCs = \$1,600 – 2,400

INVOS 5100C

Genera 2 longitudes de onda de luz (730 y 810 nm) desde diodos que se iluminan alternadamente y que están en 1 sensor desechable

Tiene 2 detectores separados a 3 y 4 cm de los diodos.

El detector a 3 cm mide la luz que pasa a través de los tejidos superficiales

El detector a 4 cm mide la luz que pasa tanto por tejidos superficiales como por parénquimas más profundos



INVOS 5100C

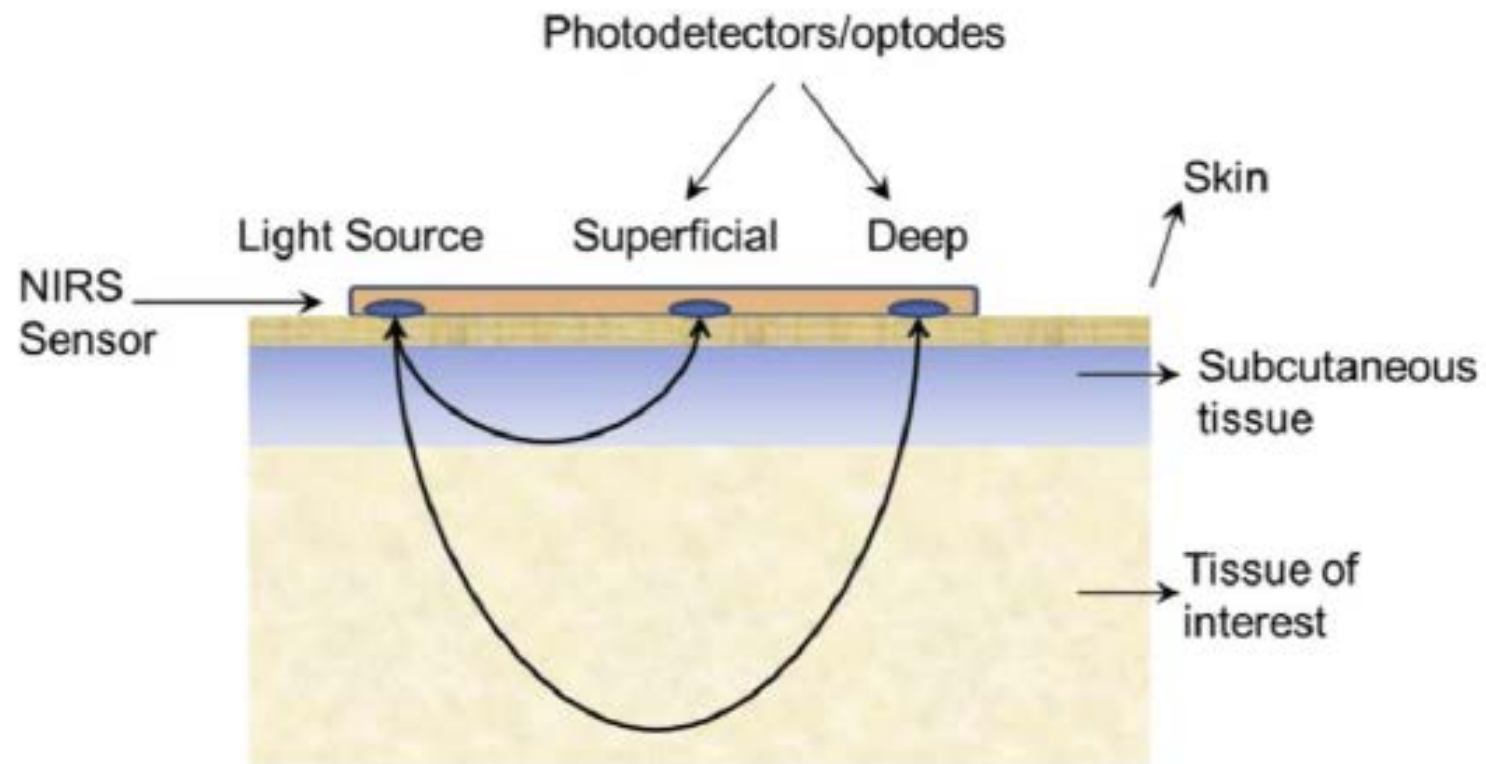
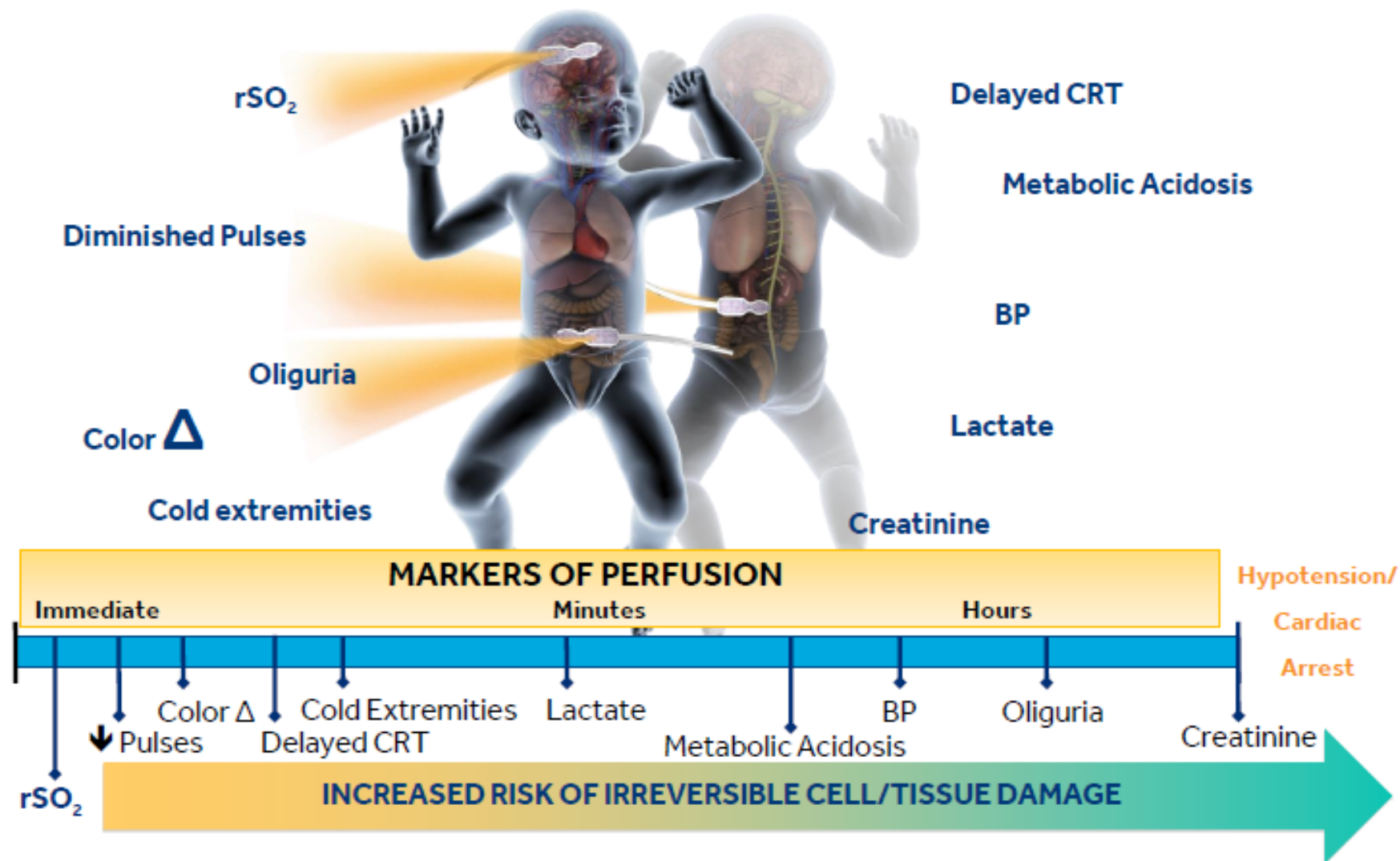


Fig. 2. IN Vivo Optical Spectroscopy (INVOS) System (Covidien).

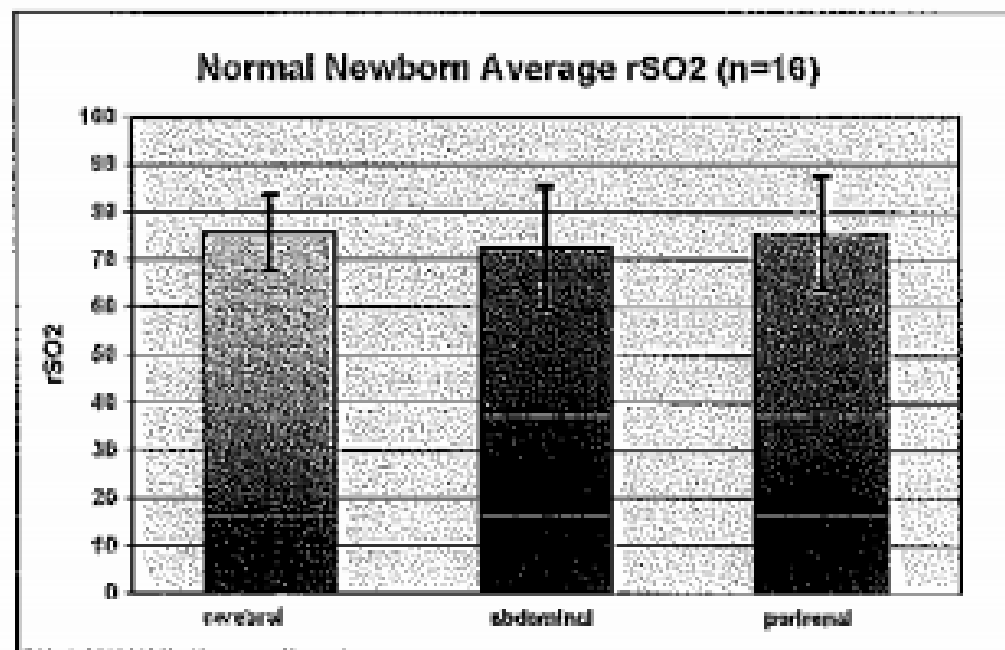
INVOS™ SYSTEM DATA AND STANDARD MARKERS OF PERFUSION



Saturación regional de oxígeno cerebral y somática (rSO₂) en neonatos

Michael Wider, PhD; Erin Booth, PhD

- Durante los últimos 6 años, el uso de NIRS (INVOS 5100C, Somanetics Corporation, Troy, MI) para monitorizar tanto tejidos cerebrales como somáticos en lactantes y niños durante la cirugía cardíaca y en la UCI ha crecido constantemente, contribuyendo significativamente al tratamiento de la hemodinámica.
- Los sensores NIRS diseñados para neonatos y niños pequeños han estado disponibles durante los últimos 2 años
- Si bien hay valores iniciales y umbrales de intervención establecidos para pacientes cardíacos congénitos, estos valores no se han definido para recién nacidos a término y prematuros hasta hace poco y de un estudio de recién nacidos a término normal que se muestra en la Figura 1.



	Cerebral	Gut	Kidney
Avg	76	72	76
SD	7.9	12.9	11.9
SEM	0.03	0.05	0.05

Figure 1. Cerebral, gut and perirenal rSO₂ from 6 hr monitoring period during the second day of life in normal, term newborns, post C-section (mean $\pm$ SD, n=16). (INVOS 5100C, Somanetics Corporation, Troy, MI) IRB approved clinical study, 2009.

Saturación regional de oxígeno cerebral y somática (rSO₂) en neonatos

Michael Wider, PhD; Erin Booth, PhD

- La oximetría tisular es una medida venosa ponderada y, por lo tanto, refleja la diferencia arteriovenosa y la idoneidad del suministro de oxígeno.
- Es fundamental entender el valor y la precisión de la rSO₂ responde a todos los factores fisiológicos que influyen en el suministro de oxígeno:
 - variabilidad anatómica
 - disociación de la Hb
 - gasto cardíaco
 - Dishemoglobinemia
 - pH sanguíneo
 - permeabilidad vascular
 - Demanda del metabolismo

Refleja la cantidad de O₂ disponible y consumida por los tejidos.

Saturación regional de oxígeno cerebral y somática (rSO₂) en neonatos

Michael Wider, PhD; Erin Booth, PhD

- La monitorización somática → desafío mayor ya que la luz NIR penetra el músculo y las capas fasciales potencialmente gruesas cuando se aplica a la superficie del cuerpo.
- La rSO₂ somática se usa como una medida de la perfusión periférica y la administración de oxígeno y se ha demostrado que es muy sensible a los cambios en el flujo sanguíneo específico de un órgano en experimentos con animales.
- La oximetría tisular es compleja y altamente informativa, y no es un diagnóstico independiente.

Saturación regional de oxígeno cerebral y somática (rSO₂) en neonatos

Michael Wider, PhD; Erin Booth, PhD

- La inclusión de rSO₂ en una evaluación diagnóstica proporciona información sobre la distribución de la perfusión y dirige la atención a las posibles causas del cambio en la administración periférica o cerebral de O₂.
- La disminución de la rSO₂ periférica con números cerebrales estables debido a la autorregulación puede evitar un shunt I→D lo que podría indicar la necesidad de reducir la FiO₂ para aumentar la resistencia pulmonar y disminuir la derivación. La disminución de rSO₂ cerebral por otro lado, con rSO₂ somática estable, puede ser el resultado de una baja PaCO₂ que causa constricción vascular cerebral.
- El uso de NIRS en pacientes cardíacos congénitos de hasta 1 kg ha tenido éxito en la mejora del tratamiento hemodinámico, lo que ha resultado en un mejor tratamiento y mejores resultados.

Evaluación comparativa de cuatro dispositivos de espectroscopía de infrarrojo cercano para uso prolongado en neonatos

- Usando la espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS) se puede calcular la saturación de tejido mixto midiendo la saturación de oxígeno de los eritrocitos oxigenados y desoxigenados en el tejido.
- La calidad del valor calculado no solo depende de la exposición de los valores medidos en el cálculo, sino también de factores externos tales como artefactos.
- El objetivo principal de este estudio fue determinar si la calidad de medición de los diferentes dispositivos varía y cómo varía en su uso a largo plazo en bebés prematuros.

Evaluación comparativa de cuatro dispositivos de espectroscopía de infrarrojo cercano para uso prolongado en neonatos

- Pacientes y métodos: En 54 mediciones, cada 2 horas de duración, se colocaron 4 dispositivos NIRS por pares en la frente de 9 lactantes prematuros respiratorios espontáneos estables cardio-respiratorios.
- Comparó la correlación entre la saturación tisular regional y la saturación de oximetría de pulso por dispositivo.
- Conclusión: En este ensayo, se observó una correlación significativa entre la saturación tisular y la saturación de pulsoximetría. El enorme rango de variación entre las mediciones mostró, sin embargo, que la calidad de la medición puede verse gravemente afectada por artefactos no reconocidos, después de excluir otras causas posibles.

Evaluación comparativa de cuatro dispositivos de espectroscopía de infrarrojo cercano para uso prolongado en neonatos

- Espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS), inicialmente descrita en 1977 por Jobsis et al. permite la medición no invasiva de la saturación tisular local.
- Considerando que solo la hemoglobina en los eritrocitos tiene la capacidad de unir oxígeno, se medirá la oxigenación de los eritrocitos presentes en el tejido.
- Dado que la hemoglobina oxigenada y desoxigenada tiene diferentes espectros de absorción de luz a diferentes longitudes de onda, se pueden medir tanto la saturación de oxígeno arterial como la venosa (SaO_2 y SvO_2) en los eritrocitos.
- Los dispositivos NIRS se utilizan especialmente para mediciones:
 - corto plazo → evaluar la adaptación cardiorrespiratoria directamente después del nacimiento
 - monitoreo a largo plazo → terapia hipotermia en asfixia perinatal

Evaluación comparativa de cuatro dispositivos de espectroscopía de infrarrojo cercano para uso prolongado en neonatos

► **Table 1** General Information about the tested devices.

Device name	Company	Sensor	Interoptode distance
NIRO 200	Hamamatsu Photonics K.K, Herrsching, Germany	A8942 Emission Probe A8943 Detection Probe S-4B Probe Holder	40 mm
INVOS 5100c	Somanetics/Covidien, Mansfield, USA	OxyAlert NIRSensor, cerebral/somatic neonatal	30–40 mm
Fore-Sight	CAS Med. Medical Systems Inc., Bradford, Connecticut, USA	Fore-Sight Sensor Non-adhesive small	25 mm
SenSmart X-100	NONIN Medical Inc., Minnesota, USA	SenSmart non-adhesive neonatal/ pediatric Sensor <40 kg	12.5 – 25 mm

Un ensayo clínico aleatorizado de fase II sobre espectroscopia cerebral cercana al infrarrojo más una guía de tratamiento versus tratamiento habitual para recién nacidos extremadamente prematuros durante los primeros tres días de vida (SafeBoosC): protocolo de estudio para un ensayo controlado aleatorizado

- Antecedentes:

Cada año en Europa unos 25,000 bebés nacen extremadamente prematuros. Estos bebés tienen una tasa de mortalidad del 20% y el 25% de los sobrevivientes tienen una discapacidad cerebral severa a largo plazo. Las medidas preventivas son clave para reducir la mortalidad y la morbilidad en una población extremadamente prematura. El objetivo principal del ensayo SafeBoosC fase II es examinar si es posible estabilizar la oxigenación cerebral de los recién nacidos extremadamente prematuros durante las primeras 72 horas de vida mediante la aplicación de oximetría de espectroscopía infrarroja cercana al cerebro (NIRS) y la implementación de un estudio clínico con directriz de tratamiento basada en los umbrales de intervención de la saturación tisular regional cerebral rStO₂.

Un ensayo clínico aleatorizado de fase II sobre espectroscopia cerebral cercana al infrarrojo más una guía de tratamiento versus tratamiento habitual para recién nacidos extremadamente prematuros durante los primeros tres días de vida (SafeBoosC): protocolo de estudio para un ensayo controlado aleatorizado

- Métodos / Diseño: Ensayo clínico aleatorizado, ciego y multinacional de fase II.
- Criterios de inclusión → RN >12 semanas antes de término; decisión de llevar a cabo un soporte vital completo; consentimiento informado de los padres; y la posibilidad de colocar el oxímetro cerebral NIRS dentro de las 3 horas posteriores al nacimiento.
- Los bebés serán aleatorizados en uno de dos grupos. Ambos grupos tendrán un dispositivo de monitoreo del oxímetro cerebral dentro de las tres horas posteriores al nacimiento. En el grupo experimental, la lectura de oxigenación cerebral complementará el tratamiento estándar utilizando una guía de tratamiento predefinida. En el grupo de control, la lectura de oxigenación cerebral no será visible y el bebé será tratado de acuerdo con los estándares locales.

Un ensayo clínico aleatorizado de fase II sobre espectroscopia cerebral cercana al infrarrojo más una guía de tratamiento versus tratamiento habitual para recién nacidos extremadamente prematuros durante los primeros tres días de vida (SafeBoosC): protocolo de estudio para un ensayo controlado aleatorizado

- El resultado primario es la multiplicación de la duración y la magnitud de los valores de rStO₂ fuera de los rangos meta.
- Las medidas de resultado secundarias son la mortalidad a término, la ecografía cerebral y los intervalos entre intervalos en un electroencefalograma integrado a la amplitud a las 64 horas de vida y los resultados exploratorios incluyen el resultado del desarrollo neurológico a los 2 años de edad corregida, la resonancia magnética a término y los biomarcadores sanguíneos a los 6 y 64 horas después del nacimiento y eventos adversos.
- Discusión: las intervenciones guiadas por oximetría cerebral tienen el potencial de mejorar el resultado del neurodesarrollo en recién nacidos extremadamente prematuros. Es un primer paso lógico para evaluar si es posible reducir la carga de la hipoxia y la hiperoxia.

El uso clínico de la oximetría cerebral en recién nacidos extremadamente prematuros es factible

- **INTRODUCCIÓN:** El programa de investigación Safeguarding the Brain of our smallest Children (SafeBoosC) tiene como objetivo probar los beneficios y daños de la oximetría de espectroscopía infrarroja cercana al cerebro (NIRS) en bebés nacidos antes de las 28 semanas de gestación.
- En un ensayo de fase II, los recién nacidos serán aleatorizados a oximetría NIRS cerebral visible con pautas de tratamiento especificadas previamente en comparación con la atención estándar con monitoreo NIRS cegado.
- El resultado primario es la duración multiplicada por la extensión fuera del rango normal de saturación de oxígeno tisular regional de la hemoglobina (rStO₂) del 55 al 85% en porcentaje de horas (carga).
- **MATERIAL Y MÉTODOS:** Este fue un estudio observacional que incluyó diez bebés.

El uso clínico de la oximetría cerebral en recién nacidos extremadamente prematuros es factible

- **RESULTADOS:** La mediana de la edad gestacional fue de 26 semanas + tres días, y el tiempo medio de inicio fue de 133 minutos después del parto. La mediana del tiempo de registro fue 69,7 horas, la media rStO2 fue de $64,2 \pm 4,5\%$, la mediana de la carga de hiper e hipoxia fue del 30,3% horas (rango 2,8-112,3)).
- En comparación, hubo 83 períodos de más de diez minutos con un rStO2 por debajo del 55% y cuatro episodios con un rStO2 por encima del 85%. Estos períodos representaron el 72% de la carga total de hipoxia. Un total de 18 de las 29 intervenciones fueron ajustes de FiO2 que en 13 de las 18 veces resultaron en una SpO2 fuera de rango. Dos bebés sufrieron quemaduras de segundo grado del sensor. Cinco bebés murieron. En todos los casos, esto no estaba relacionado con el monitoreo y tratamiento de NIRS.
- **CONCLUSIÓN:** La intervención del monitoreo temprano de NIRS cerebral resultó factible, pero los períodos prolongados de hipoxia no fueron tratados. Por lo tanto, se requiere una revisión de la pauta de tratamiento y un sistema de alarma.

Espectroscopía infrarroja cercana en prematuros sanos y recién nacidos sanos: correlación con la edad gestacional y parámetros de monitorización estándar

- Resumen: La espectroscopía infrarroja cercana (NIRS) es una técnica emergente para la monitorización de la oxigenación cerebral en recién nacidos complicados por hipoxia aguda y crónica. Sin embargo, todavía faltan datos sobre los valores normales de la oxigenación cerebral y son materia de debate. Por lo tanto, investigamos si los parámetros NIRS en recién nacidos prematuros sanos tienen una edad gestacional y las modalidades de parto dependen y se correlacionan con los parámetros de monitorización estándar.
- En los recién nacidos prematuros sanos y prematuros, el estado de oxigenación cerebral en las primeras horas después del nacimiento, según la NIRS, depende de la edad gestacional y de las modalidades de administración, y los parámetros rSO₂ y FTOE se correlacionan con parámetros de monitorización estándar como la saturación de oxígeno y corazón y respiratorio tasas. Al calcular los parámetros NIRS en recién nacidos prematuros y nacidos a término sanos, el presente estudio también proporcionó valores de referencia para recién nacidos sanos, en las primeras 6 horas desde el nacimiento. Los datos ofrecen una nueva pista para estudios adicionales sobre técnicas de monitorización cerebral no invasivas, entre las cuales NIRS puede constituir una nueva herramienta para la monitorización de la oxigenación cerebral temprano después del nacimiento en niños sanos, sospechosos y enfermos.