

# NIRS

Near InfraRed Spectroscopy

Espectroscopia de infrarrojo cercano

Dr. Jaime García  
Servicio de Neonatología  
Hospital Base de Puerto Montt

# Definición

Método de diagnóstico óptico, no invasivo que permite monitorizar la oxigenación tisular, la cual es un índice de la perfusión.

NIRS puede evaluar en forma continua y simultánea diversos órganos sin necesidad de interrumpir los cuidados rutinarios del paciente. Se puede utilizar por períodos prolongados sin mayor riesgo para el paciente.

Los estudios han demostrado su utilidad en la monitorización en el recién nacido de la perfusión cerebral, renal e intestinal en tiempo real y detectar eventos isquémicos potenciales.

Su utilización en patologías neurológicas, cardíacas y gastrointestinales permite una mejor evaluación de la perfusión tisular que los actuales métodos en uso; éstos frecuentemente son inespecíficos, por ejemplo: diuresis, llenado capilar, presión arterial, saturación de oxígeno, medición de ácido láctico.

Esto es muy útil en RN, especialmente los prematuros, en los cuales pequeñas variaciones de la perfusión pueden provocar isquemia y daño tisular, debido a la inmadurez de los vasos sanguíneos y autorregulación deficitaria del flujo sanguíneo.

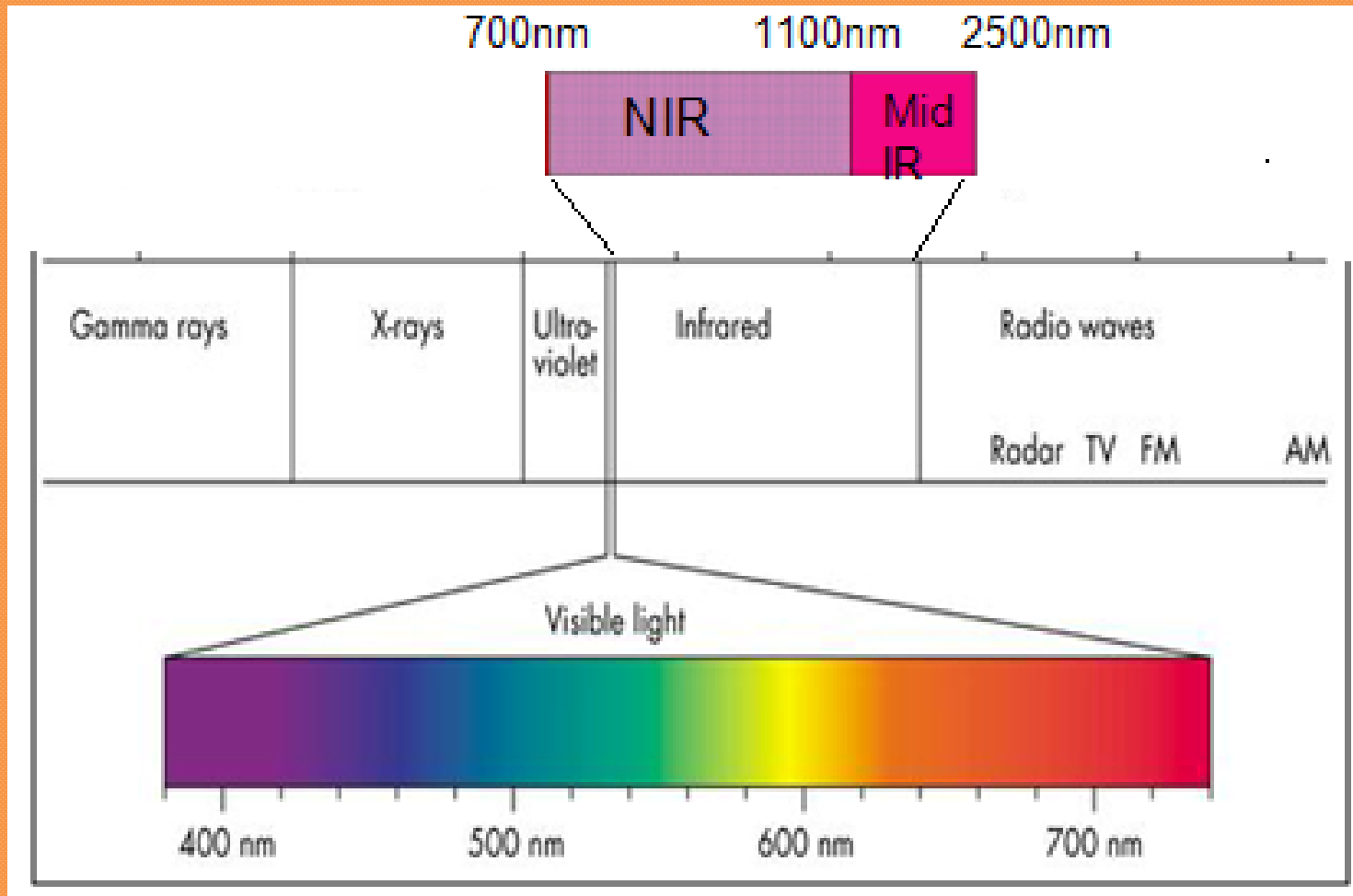
Los clínicos deben comprender qué, cómo y cuándo se mide la oxigenación con NIRS si quieren intervenir a fin de evitar daño por episodios de hipoperfusión.

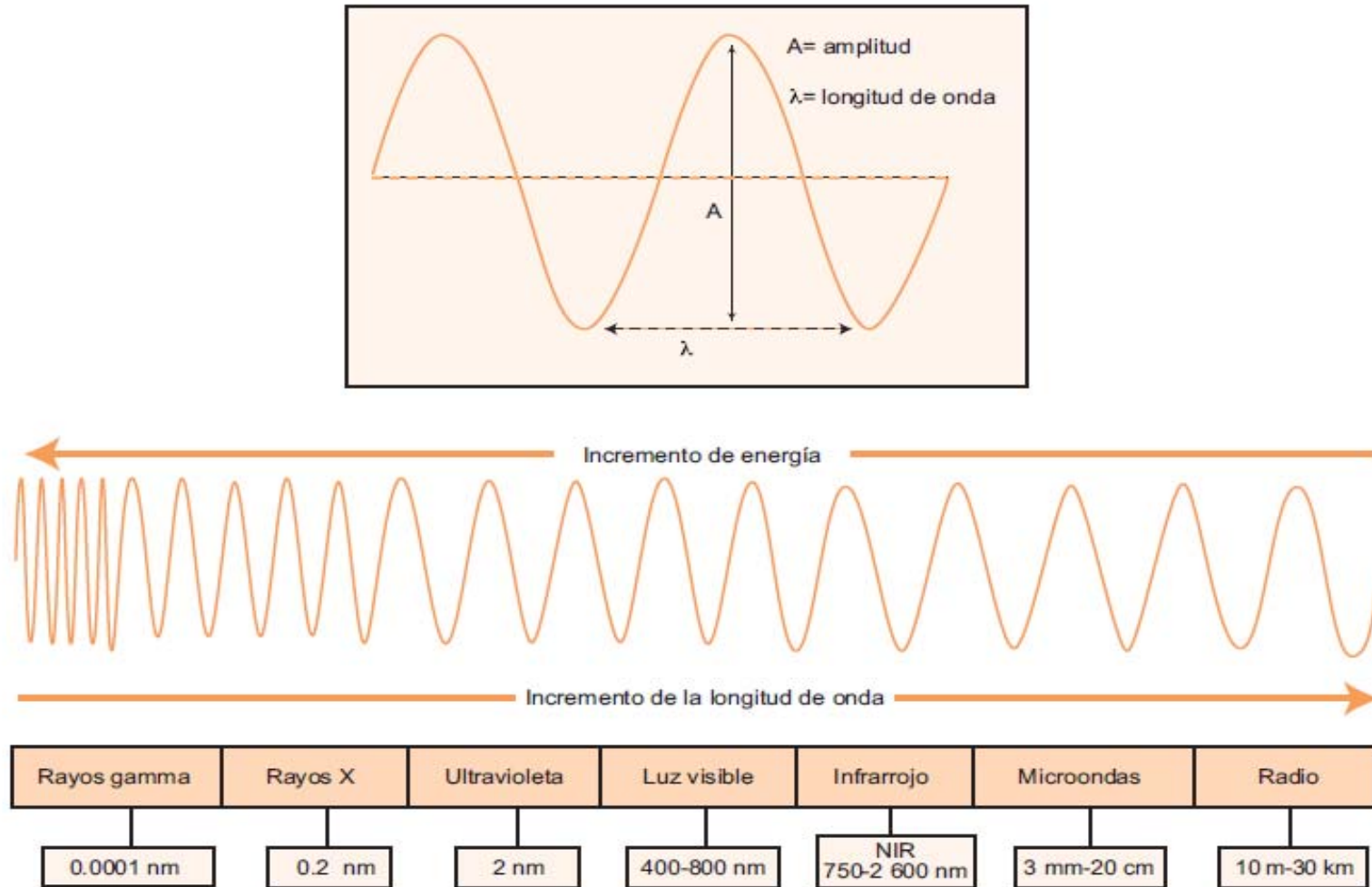


- William Herschel. 1738-1822. Astrónomo y músico alemán.
- Descubrió los rayos infrarrojos



# Espectro electromagnético





**Figura 1.** Representaciones esquemáticas de los componentes generales de una onda de un haz de luz señalando su amplitud y su longitud ( $A$ ) y de la localización del espectro cercano al infrarrojo (NIRS) dentro del espectro general de la luz ( $B$ ).

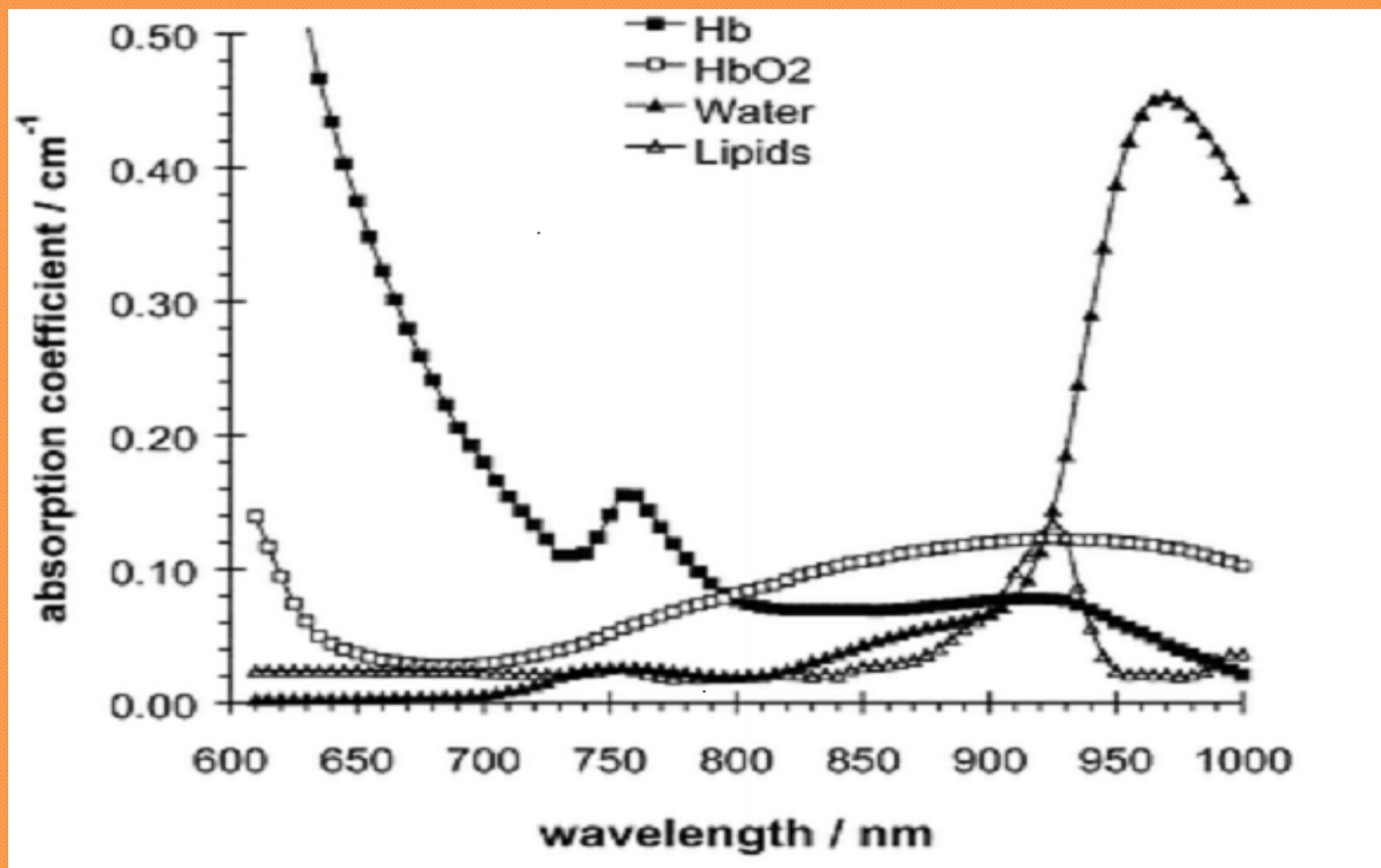
# Cómo funciona NIRS

Emplea la absorción o reflexión de longitudes de onda producidas por los diferentes grupos funcionales que se encuentran en los tejidos; la onda reflejada se analiza y proporciona información acerca del objeto analizado: geometría, tamaño, distribución y composición.

Las uniones específicas entre los átomos vibran a cierta frecuencia y cada tipo de estas uniones químicas dentro de una muestra absorbe rayos NIRS de una longitud de onda determinada, el resto es reflejado. Los reflejos son medidos y analizados por un microprocesador.

Los grupos químicos que detecta NIRS son C-H, N-H y O-H.

Pocas moléculas absorben longitudes de onda entre 700 y 1000 nm, esto es específico para oxihemoglobina y desoxihemoglobina; el agua absorbe longitudes > de 900 nm

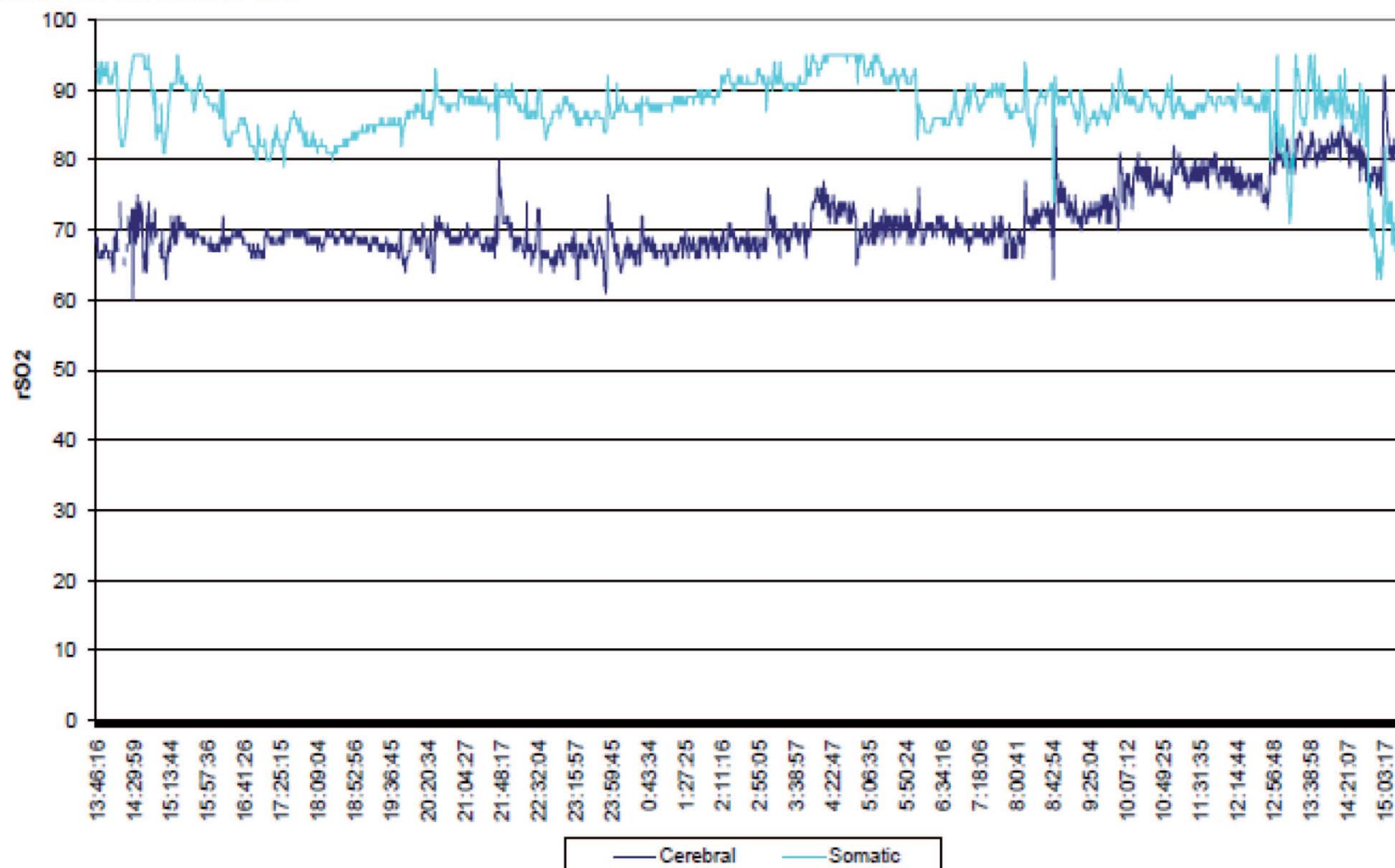




# ¿Cómo funciona NIRS?

- Utiliza ondas del espectro electromagnético en el rango de 700 a 1000 nm para medir la oxigenación tisular; esto es similar a la oximetría de pulso, la diferencia que esta última depende del flujo sanguíneo pulsátil y sólo mide la oxihemoglobina arterial tal como sale del corazón, y no a nivel tisular.
- NIRS mide la diferencia entre la oxihemoglobina y la desoxihemoglobina, lo cual refleja el consumo de oxígeno tisular, esto se denomina saturación de oxígeno regional **rSO<sub>2</sub>**, que es el balance de oxígeno, vale decir lo que llega menos lo que se consume a nivel tisular. Es una medición del oxígeno arterial, capilar y venoso, este último es alrededor del 80% de lo medido.
- En condiciones de estabilidad hemodinámica el consumo de oxígeno varía en los diferentes órganos del cuerpo, siendo más elevado en el cerebro por mayores demandas metabólicas; los consumos renal e intestinal son más bajos, debido a una menor actividad metabólica.
- Debido a esto, las mediciones cerebrales son menores que las somáticas 60-80% vs 65-90%

7-12-06 (day 1 of 2)



# ¿Cómo funciona NIRS?

- Lecturas bajas de NIRS se pueden explicar por consumo elevado de oxígeno o disminución del flujo sanguíneo, lo cual disminuye la entrega de oxígeno a los tejidos.
- En períodos de inestabilidad hemodinámica, el intestino es más vulnerable que otros órganos. NIRS permite detectar estos fenómenos en tiempo real, intervenir para corregirlos y evaluar la respuesta al tratamiento.
- Debido a la variabilidad de las mediciones, es necesario obtener trazados basales durante varias horas; en general las variaciones de la rSO<sub>2</sub> cerebral son menores que las renales o intestinales.
- El objetivo de NIRS es detectar variaciones persistentes y/o frecuentes que sean mayores al 15% de los valores basales.
- También es de utilidad medir la relación cerebro- esplácnica de la rSO<sub>2</sub> (CSOR cerebro esplacnic oxygenation ratio); si es menos de 0,75 se correlaciona con un riesgo mayor de isquemia mesentérica

## ¿Cómo funciona NIRS?

NIRS monitorea la saturación regional de oxígeno en diferentes áreas del cuerpo; en la frente para el cerebro, en el flanco derecho posterior para el riñón e infraumbilical para el territorio mesentérico.

Utiliza una fuente de luz y dos fotodetectores, uno mide la saturación de O<sub>2</sub> tisular a nivel superficial, el otro a nivel profundo.

Los fotones emitidos penetran los tejidos, los que no se absorben son captados por los fotodetectores. El valor del detector profundo menos el valor del superficial representa la saturación de oxígeno de tisular profundo. Esta medición es un promedio de la oxigenación arterial, capilar y venosa, siendo un 75 a 80 % de origen venoso.



Illustration depicting cerebral sensor probe depth measurement: rSO<sub>2</sub> value represents the deep measurement minus the surface measurement. Image used by permission from Nellcor Puritan Bennett, LLC, Boulder, Colorado, doing business as Covidien

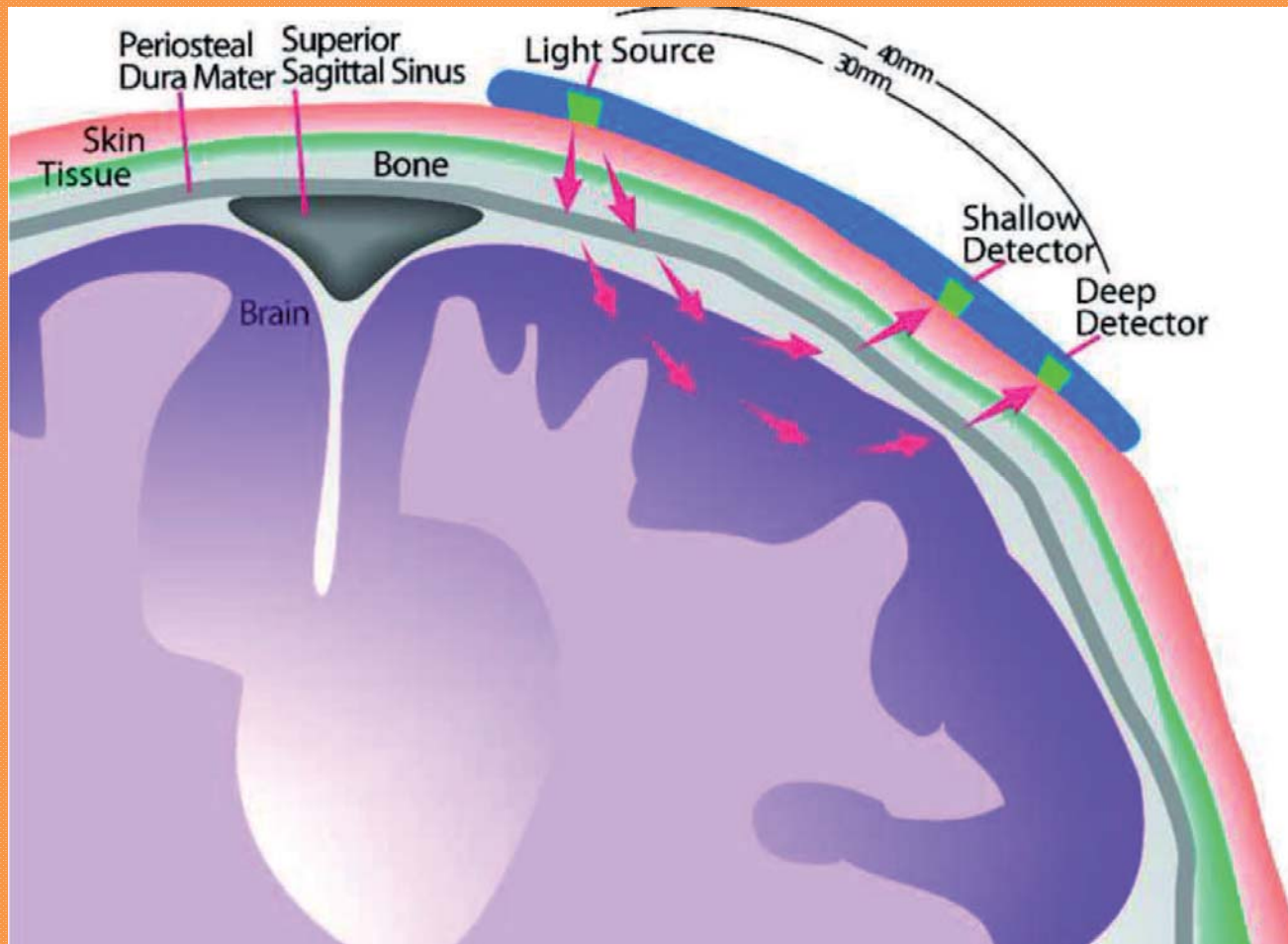
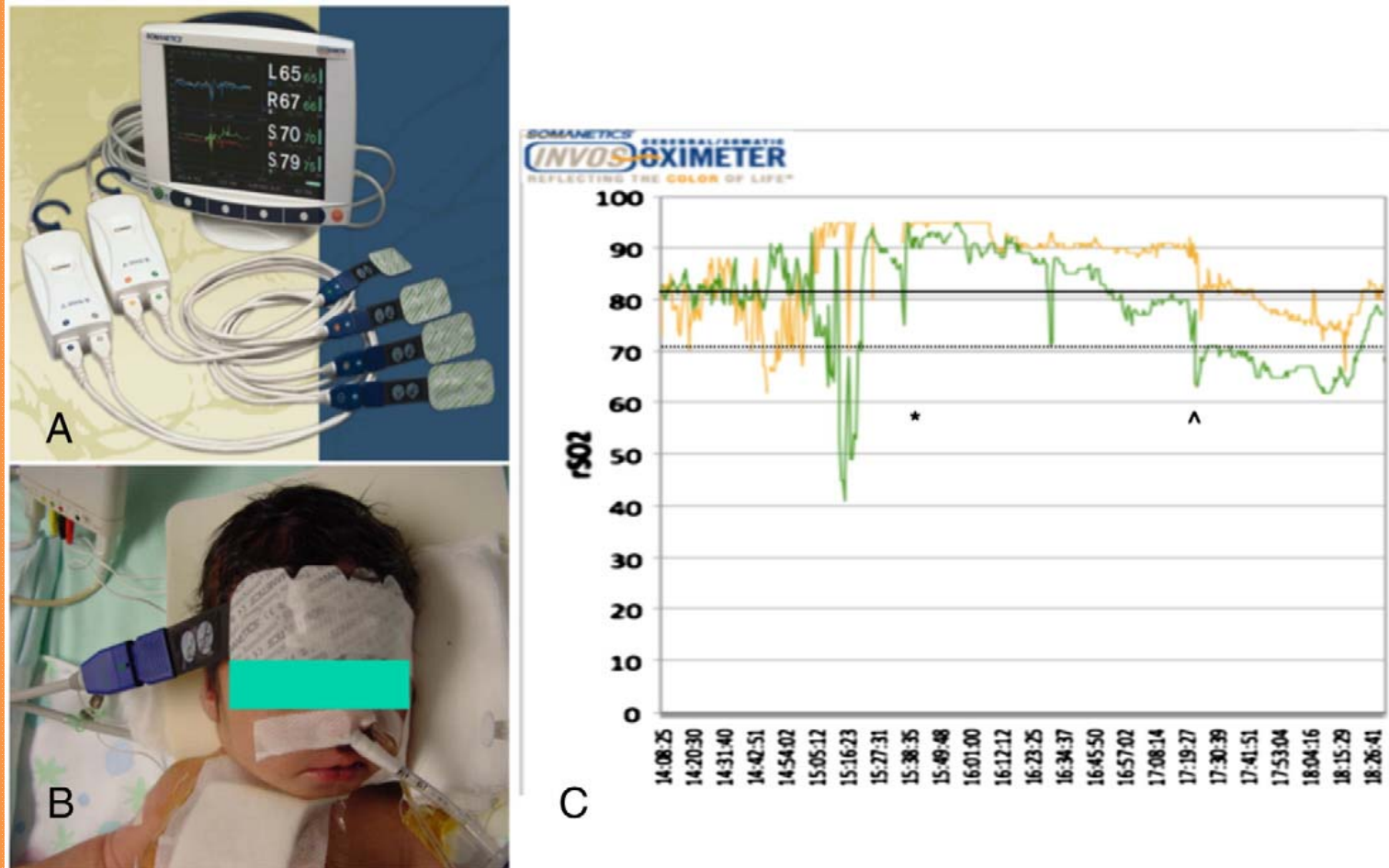
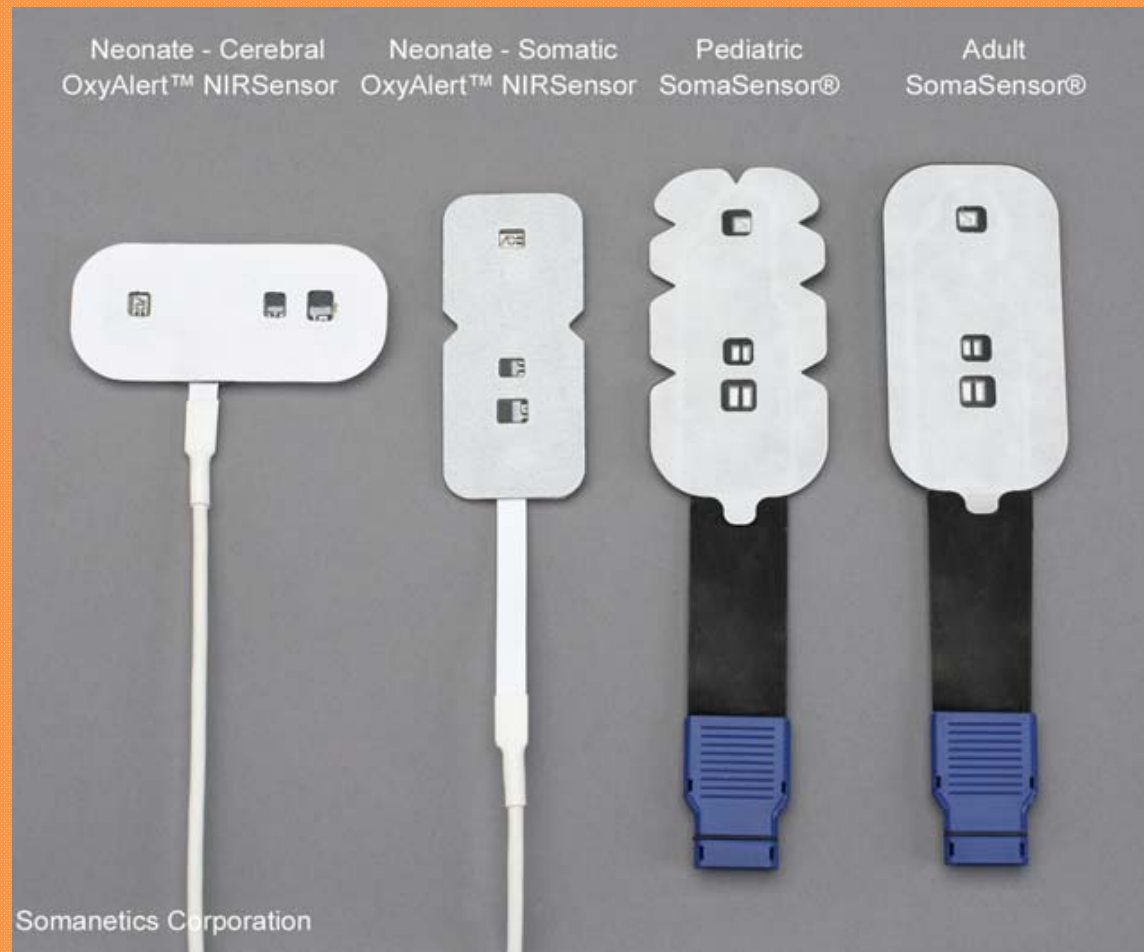


Fig. 1. A. An example of two-site INVOS 5100 rSO<sub>2</sub> monitoring. B. The NIRS probe is applied on the skin over the forehead. C. Graphic reconstruction displayed in real time on the screen, shows variations in rSO<sub>2</sub> (CH3–yellow line–brain; CH4–green line–kidney). The continuous lines represent basal values of rSO<sub>2</sub>, and are averaged in the dotted line; a significant fluctuation is defined as a variation N20% from baseline.

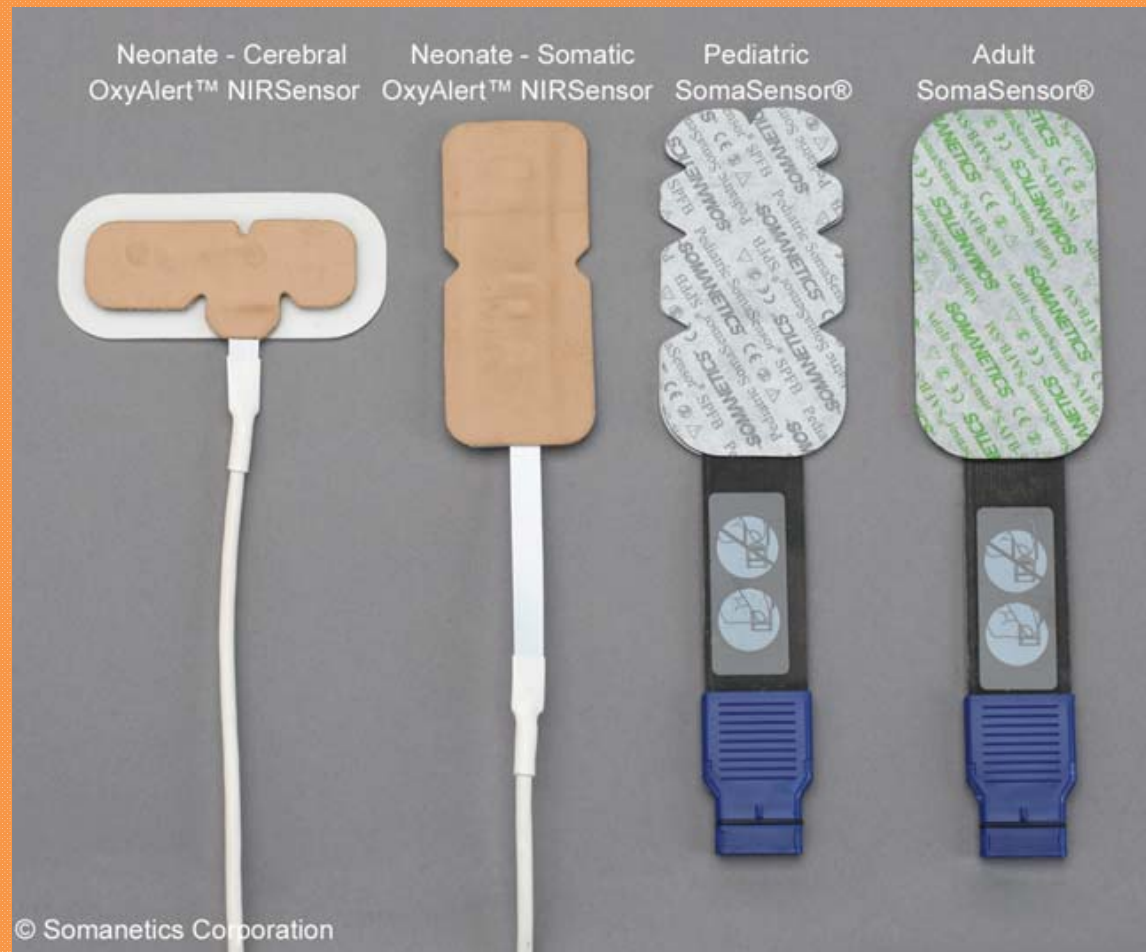


# Sensores





# Sensores





## 2-site NIRS probe application



**Normal cerebral, renal and abdominal regional oxygen saturations using near-infrared spectroscopy in preterm infants. S McNeill, JC Gatenby, S McElroy and B Engelhardt. Journal of Perinatology (2011) 31, 51–57**

**Introducción:** NIRS es una buena herramienta para evaluar perfusión tisular y consumo de O<sub>2</sub>; sin embargo faltan valores basales normales de rSO<sub>2</sub> en prematuros a fin de poder interpretar los cambios que se observan en los prematuros enfermos.

**Objetivo:** establecer los valores basales normales de rSO<sub>2</sub> en PreT estables, durante las primeras semanas de vida.

**Diseño:** prospectivo observacional; se evaluaron en forma continua 12 PreT de 29 a 33 sem, divididos en dos grupos: 6 RN de 29 y 30 semanas y 6 RN de 32 a 33 semanas. Se les midió rSO<sub>2</sub> cerebral, renal y abdominal desde las 12 horas post parto hasta los 21 días de vida. Las mediciones se registraron cada 30 segundos. Se descartaron RN con patologías que pudieran alterar la NIRS: hidrops, ictericia severa, NEC, cardiopatías congénitas, DAP severo, uso de indometacina, insuficiencia renal, hipotensión que requería vasopresores, APGAR 5' < 5.

**Table 1** Neonatal rSO<sub>2</sub> values with Somanetic NIRS systems and pediatric sensors

Site/source	rSO <sub>2</sub> (%)	N	Population characteristics
<i>Cerebral</i>			
Somanetics (Dr MD Wider, personal communication, 2008) <sup>2</sup>	60–80		Adult and pediatric
Petrova <sup>2</sup>	66 ± 10	10	>7 days old; 24–32 weeks GA; SaO <sub>2</sub> >85%
Lemmers <sup>3</sup>	70 ± 8	38	6–72 h old; <32 weeks GA
<i>Renal</i>			
Somanetics (Dr MD Wider, personal communication, 2008)	5–15% above cerebral		Adult and pediatric
Petrova <sup>2</sup>	80 ± 10	10	>7 days old; 24–32 weeks GA; SaO <sub>2</sub> >85%
Li <sup>4</sup>	40–83	11	4–92 days old; post Norwood
<i>Abdominal</i>			
Somanetics (Dr MD Wider, personal communication, 2008)	5–15% above cerebral		Adult and pediatric
<i>Vanderbilt pilot data (neonatal sensors)</i>			
Cerebral	78 ± 9	7	6–72 h old; >37 weeks GA
Renal	88 ± 6	7	6–72 h old; >37 weeks GA
Abdominal	68 ± 13	7	6–72 h old; >37 weeks GA

Abbreviations: GA, gestational age; NIRS, near-infrared spectroscopy; rSO<sub>2</sub>, regional oxygen saturation; SaO<sub>2</sub>, arterial oxygen saturation.

2.-Petrova A, Mehta R. Near-infrared spectroscopy in the detection of regional tissue oxygenation during hypoxic events in preterm infants undergoing critical care. *Pediatr Crit Care Med* 2006; 7: 449–454.

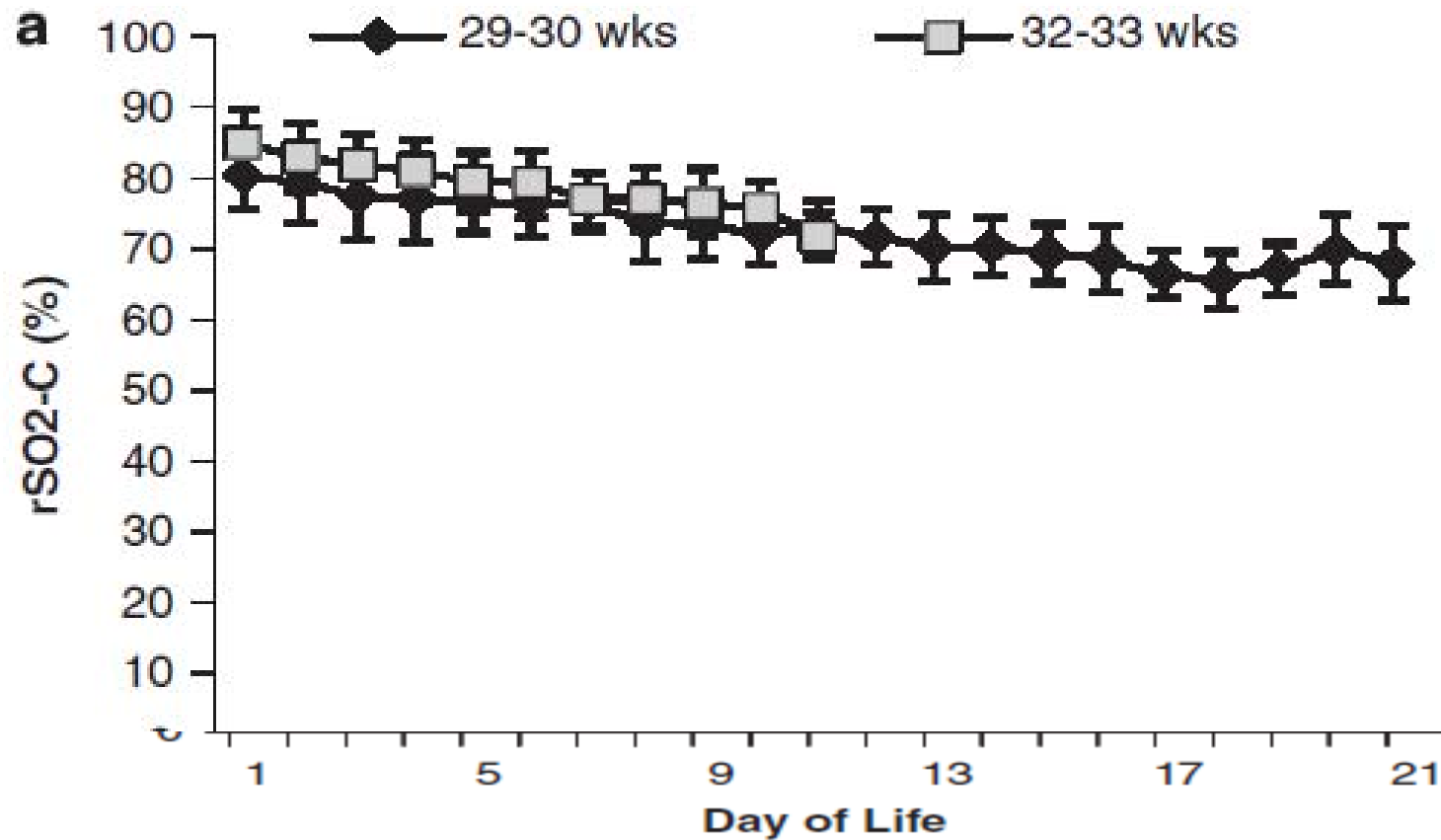
3.- Lemmers PMA, Toet M, van Schelven LJ, van Bel F. Cerebral oxygenation and cerebral oxygen extraction in the preterm infant: the impact of respiratory distress syndrome. *Exp Brain Res* 2006; 173: 458–467.

4 Li J, Van Arsdell GS, Zhang G, Cai S, Humpl T, Caldarone CA et al. Assessment of the relationship between cerebral and splanchnic oxygen saturations measured by nearinfrared spectroscopy and direct measurements of systemic haemodynamic variables and oxygen transport after the Norwood procedure. *Heart* 2006; 92: 1678–1685.

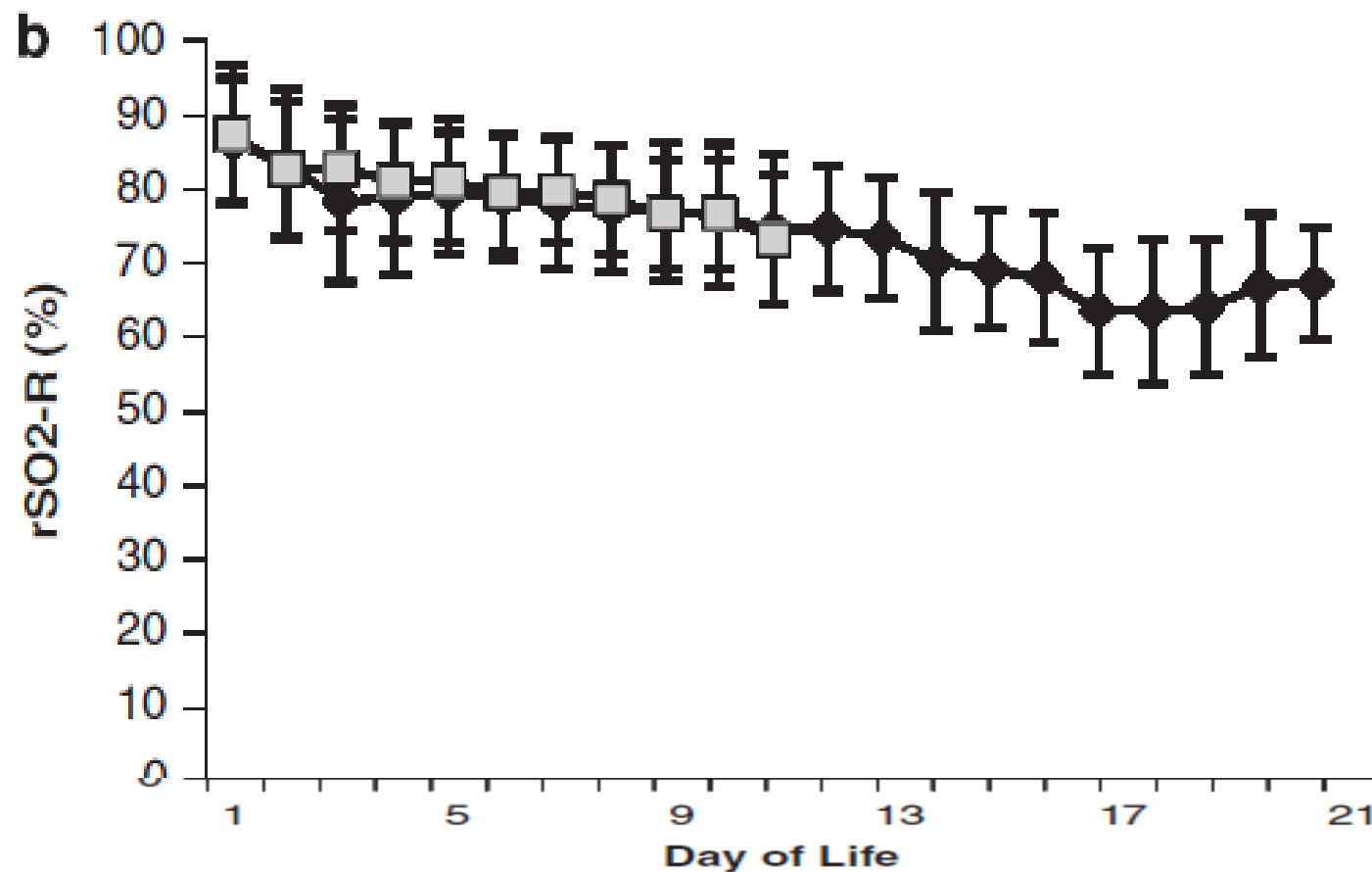
# Resultados

- La rSO<sub>2</sub> cerebral se mantuvo entre 60 y 80%; siendo los valores iniciales más altos y fueron declinando durante el transcurso de los días, lo cual sugiere que se produce un aumento progresivo de la demanda de oxígeno por el tejido cerebral, pese a que hay un aumento del flujo arterial cerebral en forma paralela. No hubo diferencias entre los dos grupos de edad gestacional.
- La rSO<sub>2</sub> renal estuvo en el rango de 65-95 %, también declinó en el transcurso de los días, pese a que también se produce un aumento del flujo arterial renal paralelamente; esto también se explicaría por aumento del consumo de oxígeno. No hubo diferencias entre los dos grupos de edad gestacional.
- La rSO<sub>2</sub> abdominal tuvo valores iniciales más bajos, especialmente entre los días 3 y 9; esto puede reflejar el aumento de los requerimientos de oxígeno debido al aumento de la alimentación enteral. El grupo de mayor EG tuvo rSO<sub>2</sub> significativamente más elevados que el grupo de menor EG.

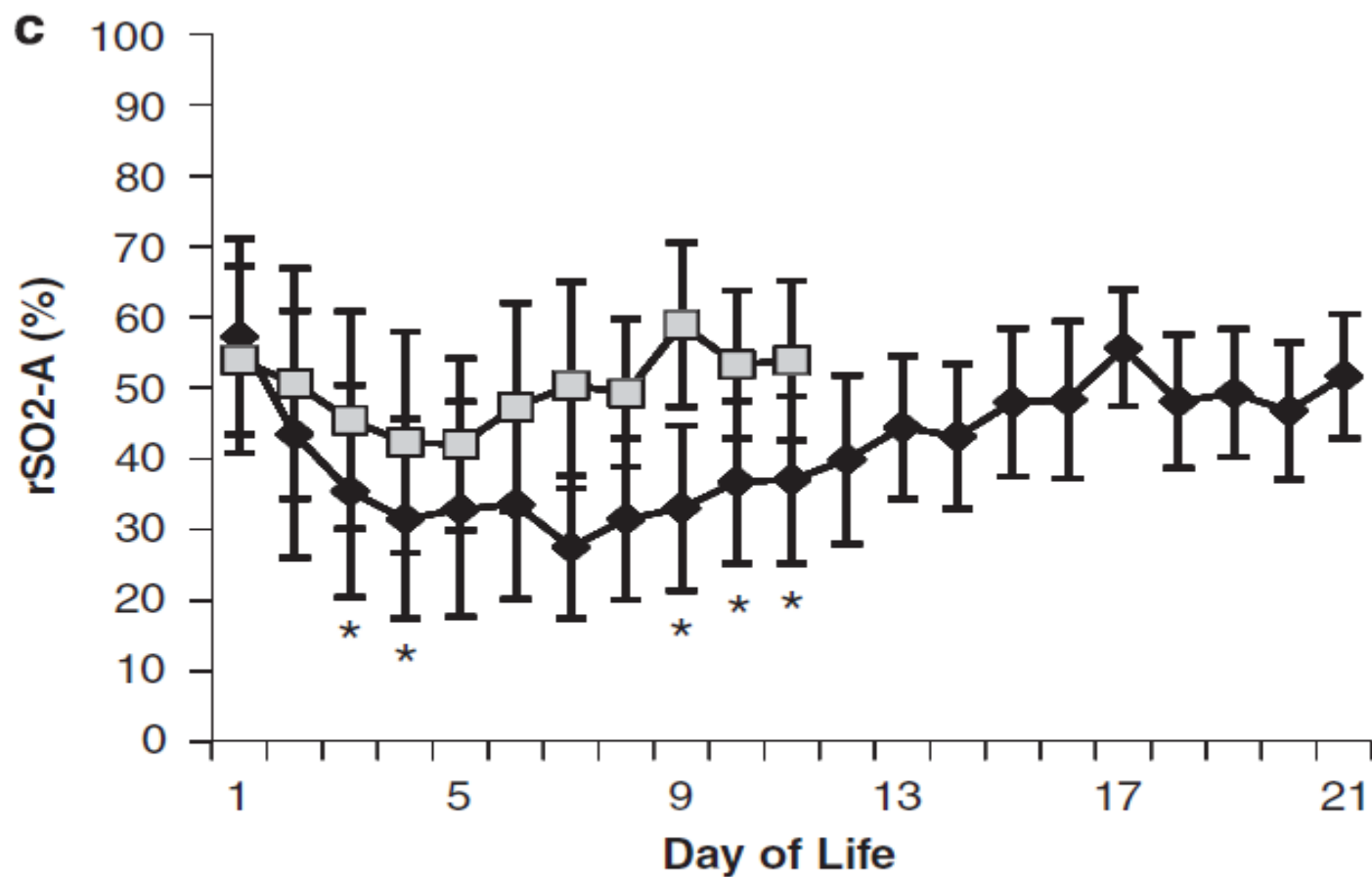




**Figure 1** Daily mean rSO2  $\pm$  s.d. demonstrating interindividual daily variability at cerebral (a), renal (b) and abdominal (c) sites for two GA groups.  $n = 6$  for each GA group. \*Significant difference from 32 to 33 weeks ( $P < 0.05$ ).

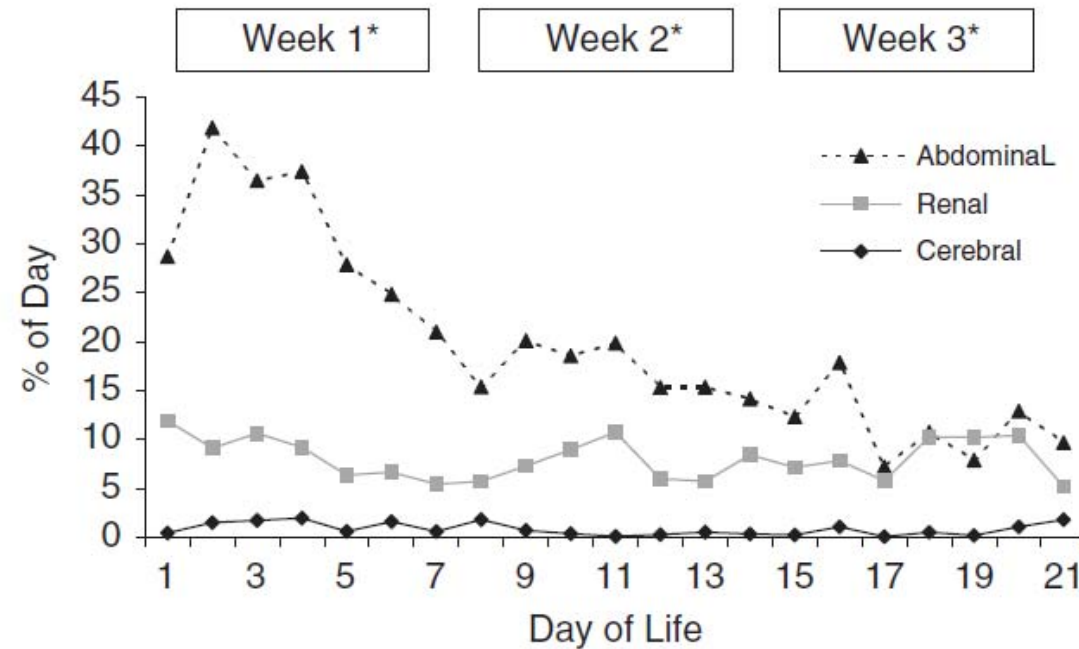


**Figure 1** Daily mean rSO2  $\pm$  s.d. demonstrating interindividual daily variability at cerebral (a), renal (b) and abdominal (c) sites for two GA groups.  $n = 6$  for each GA group. \*Significant difference from 32 to 33 weeks ( $P < 0.05$ ).



**Figure 1** Daily mean rSO2  $\pm$  s.d. demonstrating interindividual daily variability at cerebral (a), renal (b) and abdominal (c) sites for two GA groups.  $n = 6$  for each GA group. \*Significant difference from 32 to 33 weeks ( $P < 0.05$ ).

# Variabilidad



**Figure 2** Mean percentage of time rSO<sub>2</sub> measured 15 above or below an individual's daily mean at each site. Data are representative of daily intraindividual variability from baseline. \* $P \leq 0.05$ ; abdominal variability is significantly less each week with no significant difference between renal and abdominal means during week 3.



# Conclusiones

- La variabilidad diaria de la rSO<sub>2</sub> cerebral mayor o menor al 15% de la rSO<sub>2</sub> base fue menor al 1%; la de la rSO<sub>2</sub> renal fue de 8% y la de la rSO<sub>2</sub> abdominal fue de 40% inicial, para llegar a valores de 8% a las 3 semanas.
- Muchas UCI pediátricas usan valores de rSO<sub>2</sub> cerebral menores de 50% o una caída de un 10 a 20 % del valor basal como una señal para realizar intervenciones terapéuticas; estos valores se han extrapolado de estudios en animales y humanos en los cuales se relacionaron con daño isquémico estructural. Estos autores sugieren un valor de 15% de caída de la rSO<sub>2</sub> basal como indicador de un cambio clínico posible, especialmente si la caída se repite en el curso de un día en un paciente estable.
- Debido a su mayor variabilidad, la interpretación de los valores de rSO<sub>2</sub> renal e intestinal debe ser más cuidadosa, y resalta la importancia de establecer una línea basal prolongada en el tiempo

## **Near infrared spectroscopy: Experience on esophageal atresia infants.**

Andrea Conforti , Paola Giliberti , Vito Mondì , Laura Valfré , Stefania Sgro, Sergio Picardo, Pietro Bagolan, Andrea Dotta. Journal of Pediatric Surgery 49 (2014) 1064–1068

- NIRS se ha convertido en el gold standard para el manejo anestésico durante la cirugía cardíaca; hoy en día, se usa frecuentemente para monitorizar la oxigenación cerebral durante procedimientos invasivos. Los prematuros se benefician con esta monitorización para prevenir secuelas neurológicas.
- Sin embargo, existen pocos datos acerca de los cambios perioperatorios que ocurren en NIRS en recién nacidos operados de malformaciones mayores no cardíacas.
- Este estudio evaluó la utilidad de NIRS durante y posterior a la cirugía de atresia esofágica (AE), y su correlación con el comportamiento clínico.
- Estudio prospectivo observacional de cohorte; se reclutaron 17 RN con AE desde Mayo de 2011, se eliminaron 4 pacientes del estudio por registros incompletos.
- Se registraron los valores de NIRS cerebral y renal desde 12 horas preoperatorias hasta 48 horas posteriores a la cirugía. Se registraron también: P. arterial, temperatura, PO<sub>2</sub>, PCO<sub>2</sub>, pH, BUN y creatininemia.

## Resultados

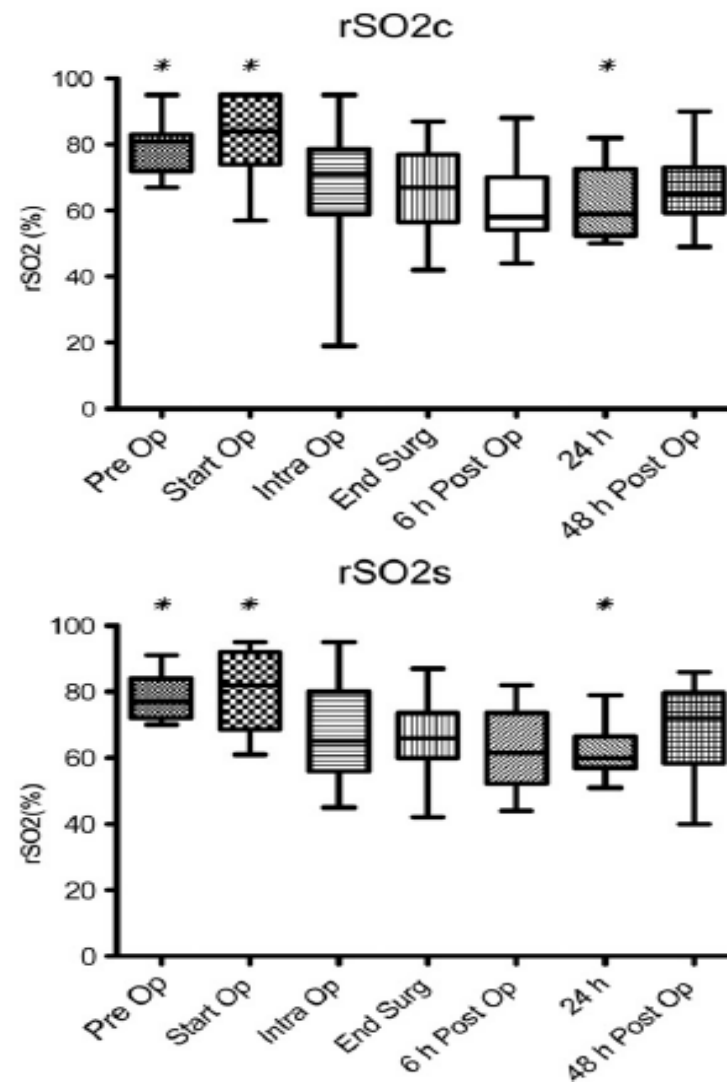
- Los valores de rSO<sub>2</sub> cerebral y renal disminuyeron significativamente hasta 24 horas post cirugía ( $p < 0,05$ ) al compararlos con los valores pre cirugía; se normalizaron a las 48 horas.
- 77% (10/13) de los pacientes tuvieron disminución del flujo urinario, el cual se normalizó 24 a 48 horas post recuperación de los valores de rSO<sub>2</sub> renal.
- Los valores de presión arterial, temperatura, GSA, BUN y creatininemia permanecieron normales pre y post cirugía.

## Conclusiones

La monitorización de la oxigenación cerebral y renal mediante NIRS es factible durante la cirugía de AE.

Esta tecnología puede ayudar al manejo de la anestesia y el post operatorio, evitando disminuciones de la oxigenación cerebral y renal, que pueden causar secuelas. Más aún considerando que los parámetros habituales de control pueden estar normales, pese a la disminución de rSO<sub>2</sub>. También puede ayudar a elegir el tipo de cirugía.

Faltan estudios para entender mejor los cambios detectados en este estudio, y poder prevenirlos.



**Fig. 3.** Cerebral and somatic NIRS evaluations during the study period. All results are expressed median and interquartile range.



## **Limited short-term prognostic utility of cerebral NIRS during neonatal therapeutic hypothermia**

Renée A. Shellhaas, MD, Brian J. Thelen, PhD. Jayapalli R. Bapuraj, MD. Joseph W. Burns, PhD.  
Aaron W. Swenson, MD. Mary K. Christensen, BA,. Stephanie A. Wiggins, MS. John D.E. Barks, MD.  
Neurology 81: 249-255 July 16, 2013

- La hipotermia actualmente es un tratamiento de elección para neonatos con EHI; sin embargo los outcomes adversos son frecuentes. El ideal sería poder identificar a los RN de mayor riesgo, para poder realizar neuroprotección durante la hipotermia o el recalentamiento.
- La perfusión y oxigenación cerebrales son índices claves del metabolismo cerebral, se alteran en RN con EHI. NIRS permite evaluar estos parámetros; además puede evaluar las perfusiones renal e intestinal.
- El aEEG tiene valor pronóstico en las primeras horas post asfixia, pero la hipotermia disminuye su valor predictivo.
- La predicción del outcome usando el examen neurológico se modifica por la hipotermia.
- El objetivo del estudio fue evaluar la utilidad de aEEG y rSO2 para los outcomes a corto plazo en pacientes con EHI tratados con hipotermia.

**Método:** se estudiaron 21 RN con EHI tratados con hipotermia; se les realizaron aEEG, NIRS cerebral bilateral y NIRS sistémico (medido en un muslo) durante el enfriamiento y el calentamiento. Se eliminaron tres pacientes del estudio por evolución favorable y traslado a hospital de origen previo a la RNM.

El outcome a corto plazo fue evaluado entre los 7 y los 10 días mediante examen neurológico y RNM.

Los resultados de aEEG y NIRS de las 6 horas previas al calentamiento y las 6 horas del calentamiento fueron analizados con modelos de regresión múltiple.

**Resultados:**

Este estudio demostró que es factible evaluar RN durante la hipotermia terapéutica mediante aEEG y NIRS.

Las mediciones de aEEG se correlacionaron con los outcomes a corto plazo de evaluación neurológica y de RNM; esto es similar a resultados de estudios previos.

Los valores de rSO<sub>2</sub> cerebrales en este estudio no se correlacionaron con los outcomes a corto plazo.

Se evidenció una disminución de la variabilidad del registro de rSO<sub>2</sub> sistémico que sí se correlacionó con los outcomes.

## **Red blood cell transfusion–related necrotizing enterocolitis in very-low-birth weight infants: a near-infrared spectroscopy investigation.**

Shellhaas RA(1), Thelen BJ, Bapuraj JR, Burns JW, Swenson AW, Christensen MK, Wiggins SA, Barks JD. Neurology. 2013 Jul 16;81(3):249-55. doi: 10.1212/WNL.0b013e31829bfe41. Epub 2013 Jun 14.

- ECN es una causa importante de morbilidad y mortalidad en RNPreT de MBPN; la etiología es multicausal. Uno de los mecanismos fisiopatológicos postulados es isquemia mesentérica que desencadena una cascada inflamatoria, la cual lleva a necrosis intestinal.
- Existe evidencia que la transfusión de GR (TGR) aumenta la probabilidad de ECN; el mecanismo no está bien establecido.
- Se ha postulado que una alteración de la oxigenación del territorio vascular mesentérico durante la TGR contribuiría al desarrollo de ECN; la ECN se desarrolla inmediatamente post TGR o hasta 48 horas después.
- Esta hipótesis se investigó en este estudio: usando NIRS se trató de cuantificar la oxigenación del territorio mesentérico en RNPreTMBPN que recibieron TGR. Se compararon los resultados del grupo que desarrolló ECN con los del grupo que no lo hizo.
- Estudio multicéntrico prospectivo observacional; RNPreT < 37 sem hospitalizados en UCIN, que recibieron TGR. Se descartaron los RN con ECN previa a la TGR, DAP que requería vasoactivos, HIV G III o > y malformados congénitos. Se consideró ECN relacionada con TGR la que ocurrió hasta 48 horas post transfusión.

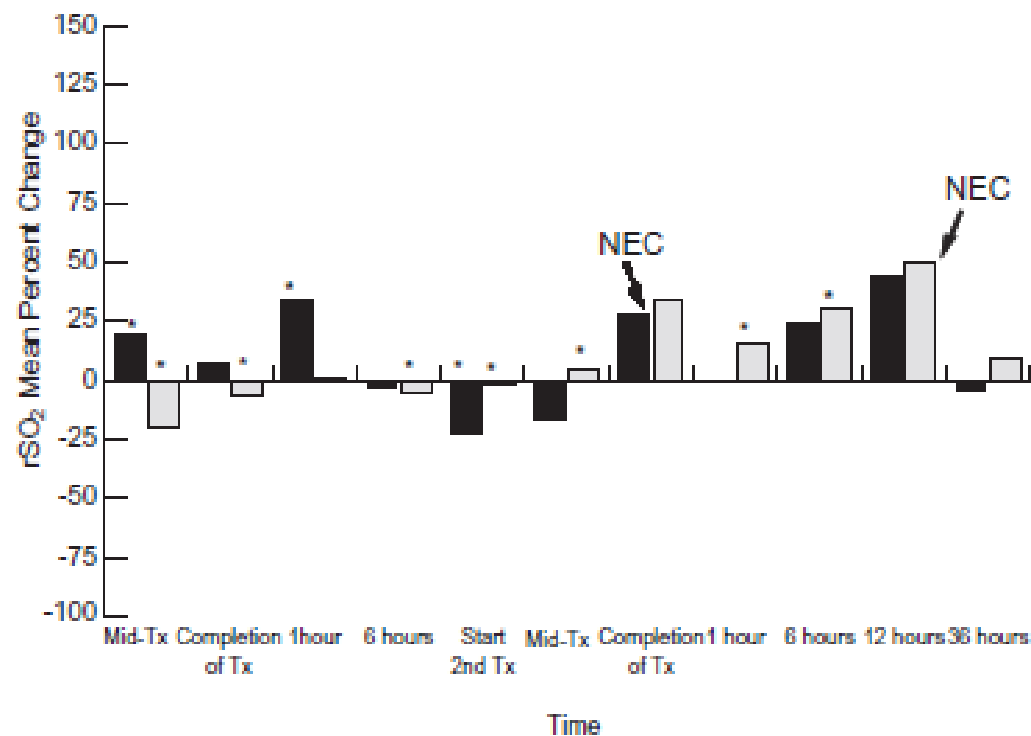


TABLE 1. Infant demographics and clinical data

Infant characteristics	TR-NEC group					Non-NEC group				
	1	2	3	4	Mean $\pm$ SD	5	6	7	8	Mean $\pm$ SD
GA birth (weeks)	29	27	24	26	26.5 $\pm$ 2.1	29	30	27.6	28	28.6 $\pm$ 1.07
Birth weight (g)	1060	1000	705	803	897.0 $\pm$ 173	1210	1160	980	1060	1102.5 $\pm$ 102.6
PNA (days)	31	22	11	8	18 $\pm$ 10.6	31	24	8	14	19.3 $\pm$ 10.2
Mean mesenteric baseline (rSO <sub>2</sub> )	40.8	47	48.1	16.1	38 $\pm$ 14.9	43.4	42.8	18.9	15.7	30.2 $\pm$ 15.0
Number of transfusions received before study	0	1	7	0		0	0	1	1	
Volume of first transfusion (mL/kg)	7.5	15	20	15	14.4 $\pm$ 5.2	7.5	15	15	16	13.4 $\pm$ 3.9
Volume of second transfusion (mL/kg)	7.5	15	15	16	13.4 $\pm$ 3.9	7.5	—	—	—	—
Time between transfusions (hr)	12	21	67	24		12	—	—	—	—
Time to TR-NEC onset (hr)	0.5	11.5	38.5	0	12.6 $\pm$ 18	—	—	—	—	

PNA = postnatal age.





**Fig. 1. Mesenteric mean percentage change from baseline: medical TR-NEC infants.** This graph illustrates the wide mesenteric oxygenation fluctuations above and below baseline measurements during and after each transfusion event and further reveals decreased oxygenation immediately before TR-NEC onset and subsequent increased patterns at the time of TR-NEC onset. Infant 1 (■) received two half-volume RBC transfusions (7.5 mL/kg each) separated by 12 hours. Infant 2 (□) received two full-volume (15 mL/kg) RBC transfusions separated by 21 hours. Infant 1 had NIRS monitor removed during resuscitation and transfer to NICU (time point 1 hr after second transfusion). Tx = transfusion; Mid-Tx = time at which 50% of total volume had infused. \*Enteral feeding given during specified time frame; 0 = baseline; NEC = onset of TR-NEC.

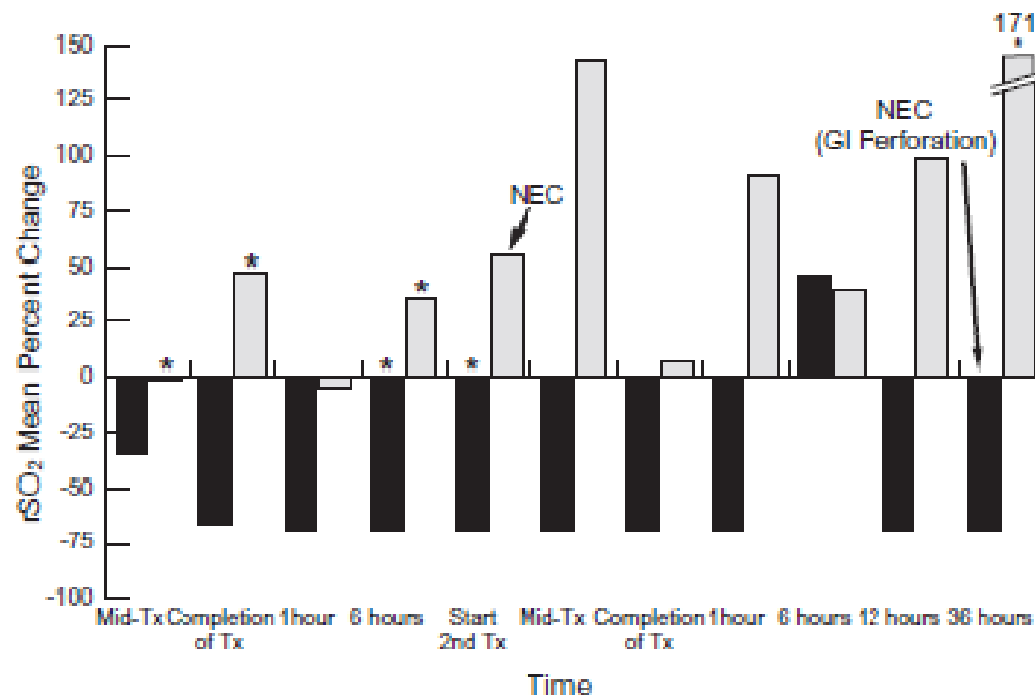


Fig. 2. Surgical TR-NEC infants percent change from baseline means. This graph illustrates mesenteric oxygenation patterns of infants that developed surgical TR-NEC. Both infants received two full-volume RBC transfusions: Infant 3 (■) transfusions separated by 57 hours and Infant 4 (□) separated by 24 hours. Infant 3 demonstrated an immediate large and persistent decline in oxygenation (-69%) immediately after the initiation of the first full-volume transfusion (20 mL/kg), which persisted until gastrointestinal perforation developed 38.5 hours after the conclusion of the second full-volume (20 mL/kg) RBC transfusion. Wide fluctuations in mesenteric oxygenation were observed in Infant 4 before and after the development of Bell's Stage IA TR-NEC symptoms at the beginning of the second full-volume transfusion (15 mL/kg). Enteral feedings were held for 18 hours and then resumed. Tx = transfusion; Mid-Tx = time at which 50% of total volume had infused. \*Enteral feeding given during specified time frame; 0 = baseline.

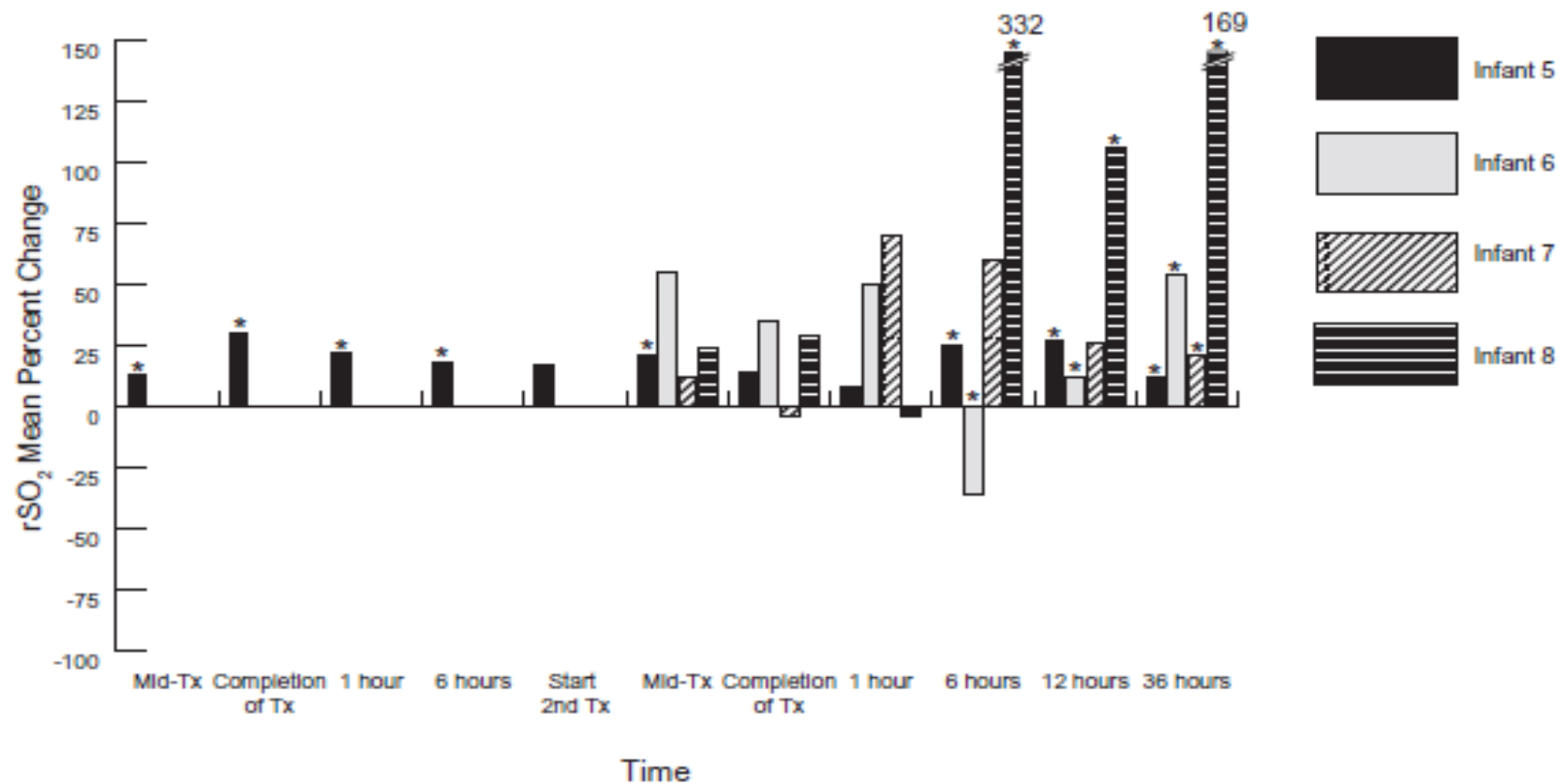


Fig. 3. Mesenteric percent change from baseline mean for non-NEC infants. Infant 5 received two half-volume RBC transfusions (7.5 mL/kg each) separated by 12 hours; all other infants received one full-volume RBC transfusion. Overall increased oxygenation in mesenteric oxygenation was prevalent among the non-NEC infants, although wide mean fluctuation was apparent in Infants 6, 7, and 8 (closely resembling surgical TR-NEC Infant 4). Six hours after transfusion, Infant 6 demonstrated a dramatic decline in oxygenation that coincided with severe bradycardic and apneic episodes, which improved following elective intubation. Tx = transfusion; Mid-Tx = time at which 50% of total volume had infused. \*Enteral feeding given during specified time frame; 0 = baseline.

## Resultados y Conclusiones

- Todos los RN del grupo con ECN recibieron 2 TGR, con un mayor volumen de GR, 27,7 +/- 8,7 ml versus 15,25 +/- 0,5 ml. Los RN del grupo que no desarrolló ECN recibieron sólo una TGR.
- Las fluctuaciones de la rSO<sub>2</sub> y las disminuciones bajo el valor basal fueron mayores en el grupo de TGR con ECN, especialmente antes del inicio de la ECN.
- Los pacientes 1 y 2 tuvieron ECN de manejo médico; los pacientes 3 y 4 fueron operados; el N° 3 de durante el estudio, el N° 4 cuatro días después. Las variaciones del paciente N° 4 pueden relacionarse con daño debido a perfusión-reperfusión y/o a consecuencia de alimentación enteral inmediatamente post TGR.
- La disminución de la rSO<sub>2</sub> puede deberse a un aumento del consumo tisular de O<sub>2</sub>, a una disminución del flujo sanguíneo, a una alteración de la capacidad de transporte de O<sub>2</sub> o a una combinación de esos factores.
- Hacen falta más estudios para evaluar los cambios de la rSO<sub>2</sub> en relación con TGR y desarrollo de ECN; además debe incluirse el efecto de la alimentación enteral durante y post transfusión.



# Bibliografía

- 1.- Terri Marin, MSN, NNP-BC; James Moore, MD, PhD . Understanding Near-Infrared Spectroscopy. Adv. Neonatal Care 2011 Dec;11(6):382-8.
- 2.- Sotero Ramírez-García, Pilar Hazel Carranza-Castro, José Gutiérrez-Salinas, Liliana García-Ortiz, Sergio Hernández-Rodríguez. Aplicación en medicina de la espectroscopia de infrarrojo cercano. Med Int. Mex. 2012;28(4):365-370.
- 3.- S McNeill<sup>1</sup>, JC Gatenby<sup>2</sup>, S McElroy<sup>1</sup> and B Engelhardt. Normal cerebral, renal and abdominal regional oxygen saturations using near-infrared spectroscopy in preterm infants. Journal of Perinatology (2011) 31,51–57.
- 4.- R Nachar Hidalgo, M Wider, E Booth, S Drake, I Seri 2009 MAP. Near Infrared Spectroscopy in Medical Diagnostics. Wayne State University School of *Medicine*.
- 5.- Sean M. Bailey ; Karen D. Hendricks-Muñoz ; Pradeep Mally. Splanchnic-cerebral oxygenation ratio (SCOR) values in healthy term infants as measured by near-infrared spectroscopy (NIRS). Pediatr Surg Int (2013) 29:591–595
6. Andrea Conforti , Paola Giliberti , Vito Mondì , Laura Valfré , Stefania Sgro, Sergio Picardo, Pietro Bagolan, Andrea Dotta. Near infrared spectroscopy: Experience on esophageal atresia infants. Journal of Pediatric Surgery 49 (2014) 1064–1068

7.- Shellhaas RA(1), Thelen BJ, Bapuraj JR, Burns JW, Swenson AW, Christensen MK, Wiggins SA, Barks JD.  
Red blood cell transfusion–related necrotizing enterocolitis in very-low-birth weight infants: a near-infrared spectroscopy investigation. *Neurology*. 2013 Jul 16;81(3):249-55. doi: 10.1212/WNL.0b013e31829bfe41. Epub 2013 Jun 14.

8.- Renée A. Shellhaas, MD, Brian J. Thelen, PhD. Jayapalli R. Bapuraj, MD. Joseph W. Burns, PhD. Aaron W. Swenson, MD. Mary K. Christensen, BA,. Stephanie A. Wiggins, MS. John D.E. Barks, MD.  
Limited short-term prognostic utility of cerebral NIRS during neonatal therapeutic hypothermia. *Neurology* 81: 249-255 July 16, 2013.

Gracias