

NIRS en Neonatología

Dr. Raúl Nachar Hidalgo

Neonatólogo

Clínica Alemana de Santiago

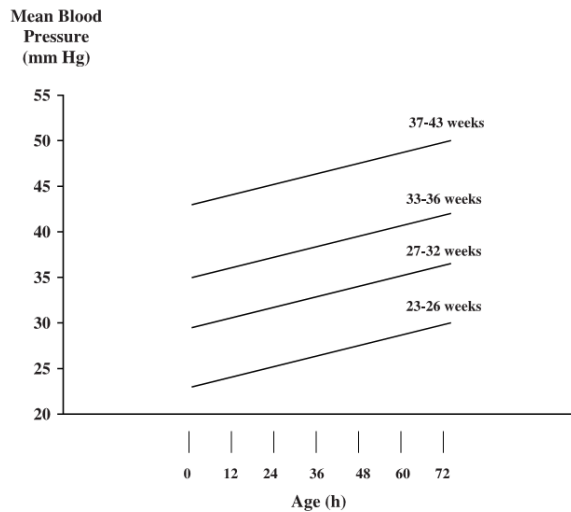
Hospital Santiago Oriente

Compromiso Cardiovascular (CVC)

- Definición fisiopatológica es alteración en flujo sanguíneo con insuficiente entrega de oxígeno a los tejidos
- El aporte de oxígeno depende de:
 - Transportador de oxígeno
 - Intercambio gaseoso (saturación)
 - Flujo de sangre a tejidos

$$\text{Flujo (GC)} = \frac{\text{Presión}}{\text{Resistencia}}$$

Presión Arterial según EG y edad postnatal



Nuntnarumit P, Yang W, Bada- Ellzey HS. Blood pressure measurements in the newborn. Clin Perinatol 1999; 26: 981-996

Presión Arterial

- Presión Arterial: fácil de medir. Valores normales?
- P. Arterial Media \geq EG primer día; \geq 30 mm Hg. (Watkins, Miall-Allen)
- Pobre correlación con GC y Flujo de VCS. Osborn 2004, Evans 1996
- Primer día de vida: pobres predictores bajo flujo
- P. Arterial Media $<$ 30 mmHg (S:59%, E:77%)
- Llame capilar \geq 3 segundos (S:55%, E:81%).
- Su combinación aumentó sensibilidad a 78% Osborn 2004
- Tardía detección en RN con bajo flujo. Kluckow 2000

Condiciones que dificultan evaluación CVC

- Condiciones específicas dadas por transición postnatal (presencia de shunts, hipoxia, etc)
- Prematurez: Inmadurez de diversos órganos
- Autorregulación ausente en prematurez y estados patológicos. *Greisen, Early Hum Dev 2005; 81: 423-428*
- Existe asociación entre pérdida de autorregulación, fluctuaciones del FSC y morbimortalidad en RN prematuros. *Perlman 1983, Tsuji 2000, Greisen 2005*
- Estudio de Munro sugiere pérdida de autorregulación en prematuros extremos a valores de 28 – 30 mm Hg
- Bajo estos valores aumenta Fracción de Extracción de O₂, dilatación microvascular y desplazamiento en curva de disociación de Hb-O₂ *Victor 2006, Kissack 2005*

Evaluación de CVC

- Existe una variabilidad importante entre individuos con condiciones fisiopatológicas similares y en un mismo individuo en diversos momentos de su patología
- Considerando Presión Arterial, es imposible determinar un valor sobre el cual se esté seguro de perfusión adecuada y entrega adecuada de O₂
- Evaluación CVC debe considerar:
 - Presión Arterial
 - Flujo Sistémico
 - Distribución a diversos tejidos
 - **Oxigenación tisular regional**

Monitorización de RN con CVC

Evaluación Continua de

- Frecuencia Cardíaca
- Presión Arterial (línea arterial)
- Saturación arterial de O₂



Evaluación Intermitente

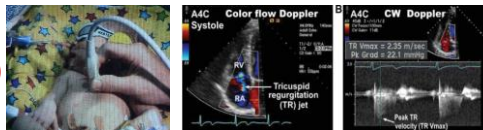
- Elementos clínicos: llene capilar, diuresis
- Laboratorio: Estado ácido-base y lactato

Evaluación de RN con CVC

- **Clínica es irremplazable**
- Monitorización clásica continua
- Exámenes de laboratorio



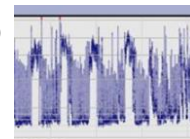
- **fECHO**



- **NIRS**



- Monitorización función cerebral usando **EEG de amplitud integrada**

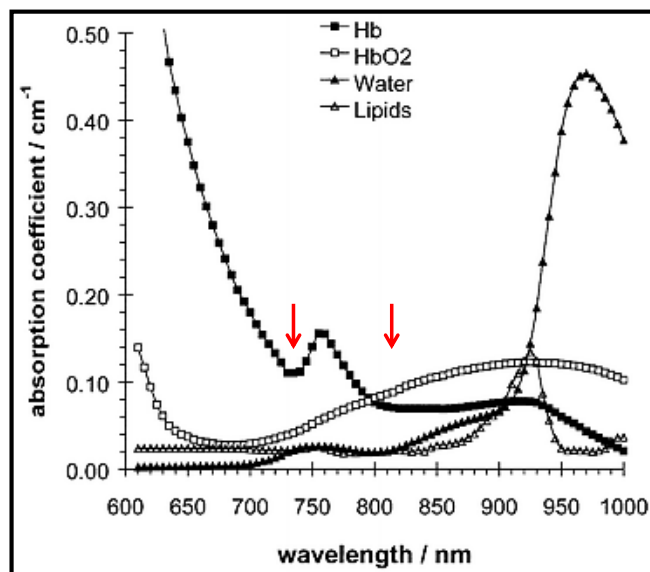


NIRS (Near Infrared Spectroscopy)

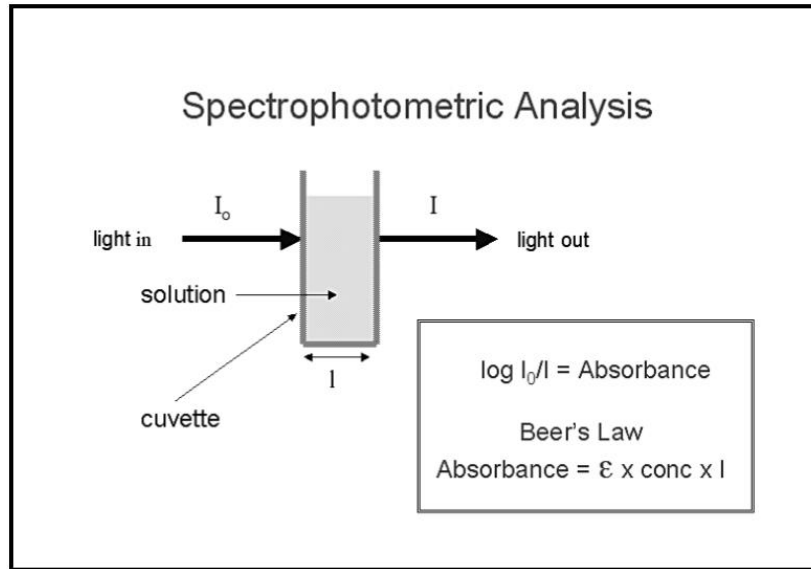
- Método no invasivo que permite monitorizar en forma continua oxigenación tisular
- Se basa en transparencia relativa de los tejidos biológicos a la luz infrarroja en rango de longitudes de onda que van de 700-900 nm.
- Detección de variaciones en las concentración de oxihemoglobina y desoxihemoglobina

Rolfe P. In Vivo Near-Infrared Spectroscopy. Annu. Rev. Biomed. Eng. 2000. 02:715–54

Espectro de Absorción de Hb a nivel infrarrojo



Ley de Beer - Lambert



INVOS

- Monitor de oxigenación tisular fabricado por Somanetics.
- Mide en forma simultanea y continua cambios en la saturación de Hb en diversos parénquimas
- Saturación regional de O₂ (rSO₂) se expresa en valores absolutos
- Estudios en modelos animales y en humanos han demostrado buena correlación entre rSO₂ cerebral y saturación venosa central (r=0.94)

Nagdyman N. Paediatr Anaesth 2008; 18: 160-166.

Abdul-Kaliq H. Biomed Tech (Berl) 2000; 45: 328-332

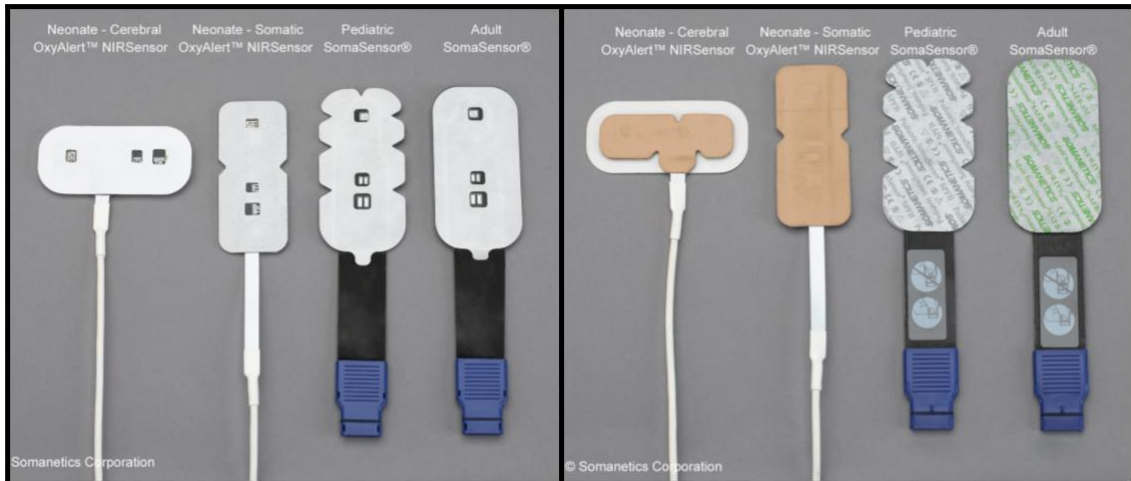
Monitor INVOS



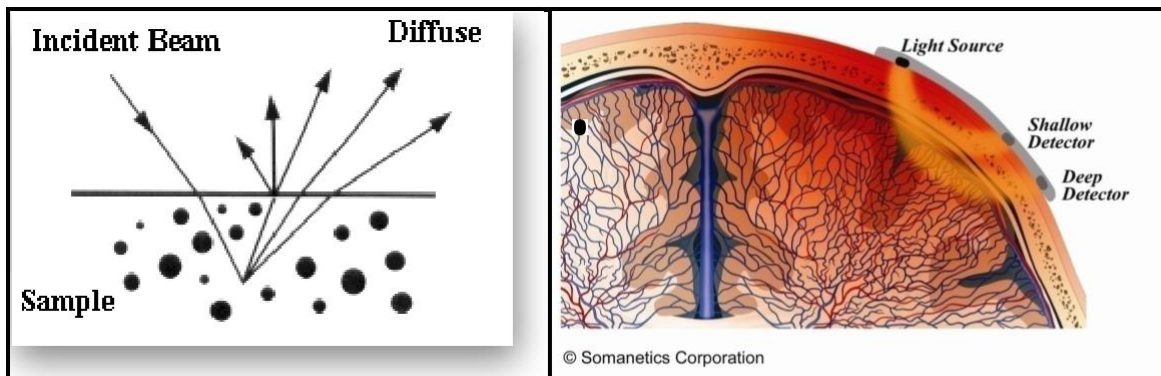
INVOS 5100C

- 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

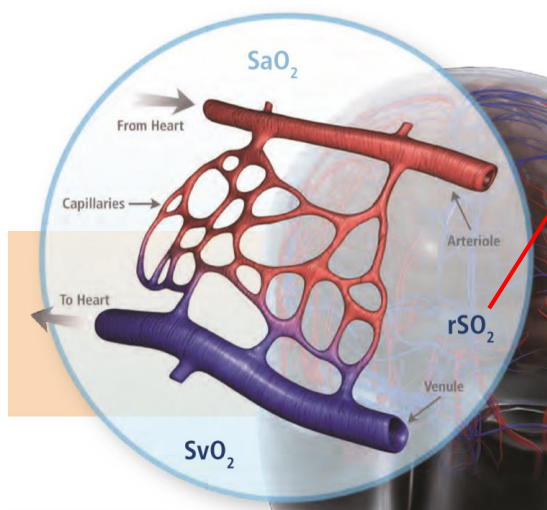
Sensores INVOS



Oximetría Cerebral



Que representa saturación regional tisular (rSO₂)?

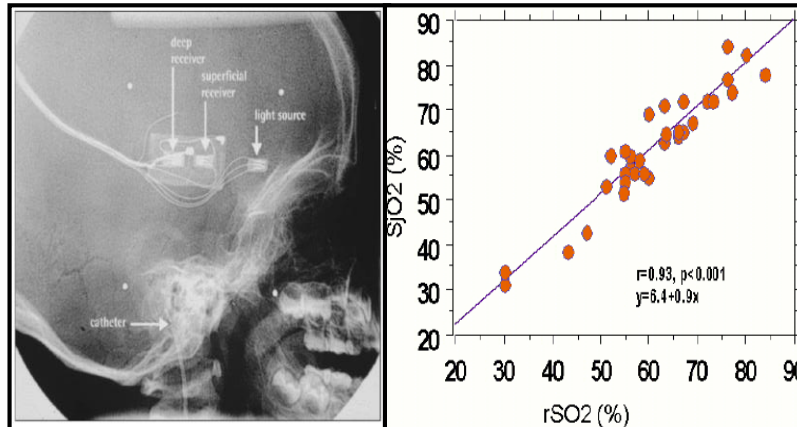


rSO₂: Saturación regional tisular

Fracción de extracción tisular de O₂

$$\text{FTOE} = \frac{\text{SaO}_2 - \text{rSO}_2}{\text{SaO}_2}$$

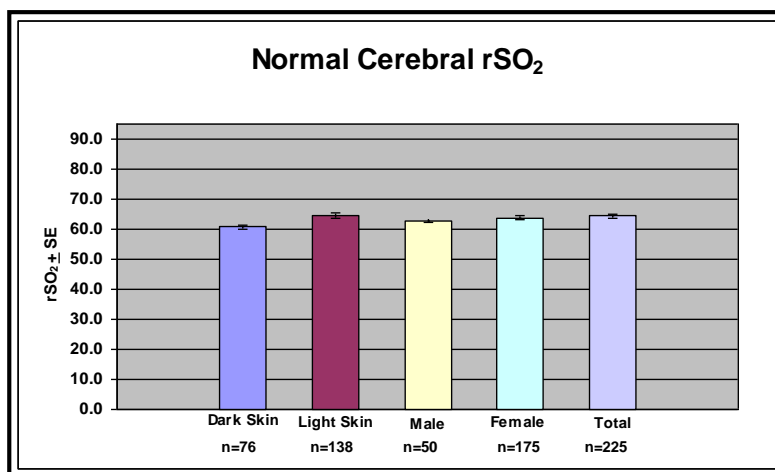
Validación de rSO₂ Cerebral en pacientes pediátricos



Average age 4.5 years (n=30)

Abdul-Kaliq H et al. Biomed Tech (Berl); 2000; 45; 328-32

Valores Basales



Adultos sanos. (n=225)

Límites funcionales y bioquímicos de Isquemia

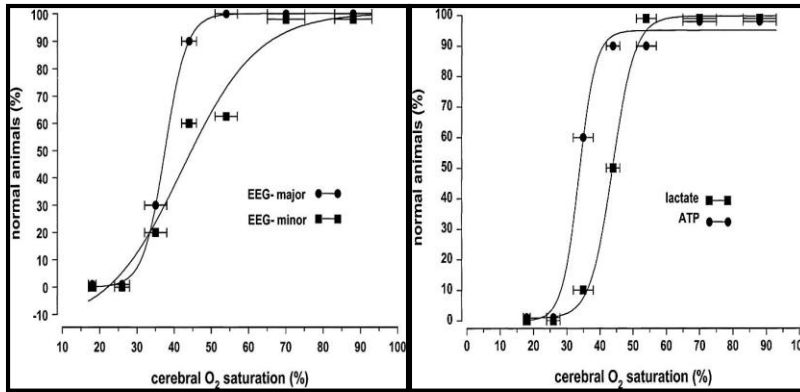


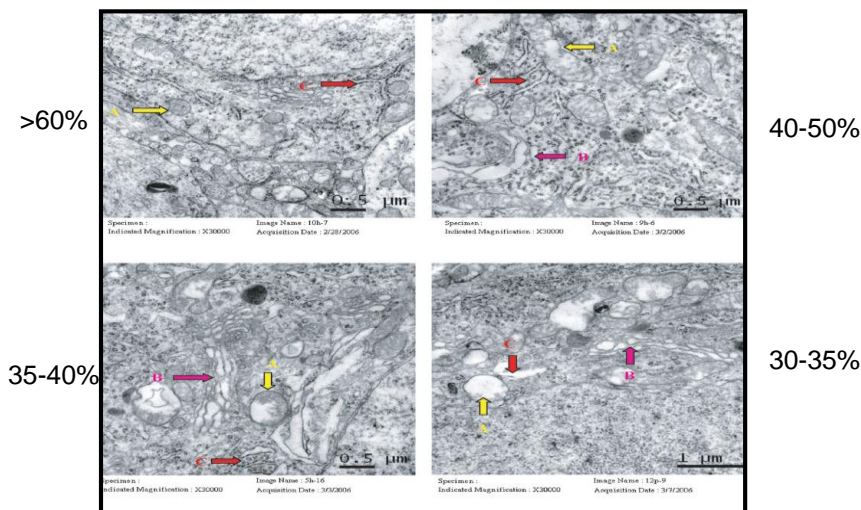
FIG. 5. Logistic regression plot between near-infrared spectroscopy ScO_2 and the percent of piglets without minor change in EEG activity or without major change in EEG activity compared with baseline. Data points indicate mean \pm SD. Logistic regression equation variables are presented in Table 2.

FIG. 6. Logistic regression plot between near-infrared spectroscopy ScO_2 and the percent of piglets with normal brain tissue lactate concentrations and normal brain tissue ATP concentrations. Data points indicate mean \pm SD. Logistic regression equation variables are presented in Table 2.

Kurth CD, Levy WJ and McCann J. 2002 *J Cerebral Blood Flow and Metab* 22; 335-341

Límites estructurales de isquemia

~2.2 kg piglets



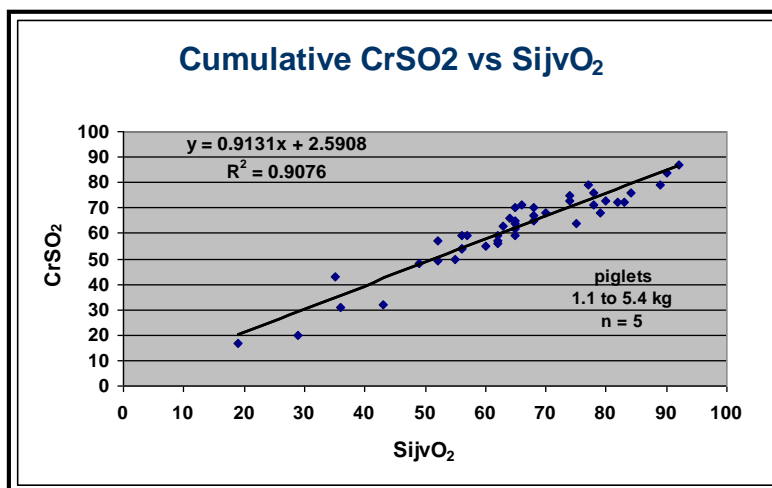
Hou X et al. 2007. *Physiol Measures* 28; 1251-1265

Estudio en modelo animal

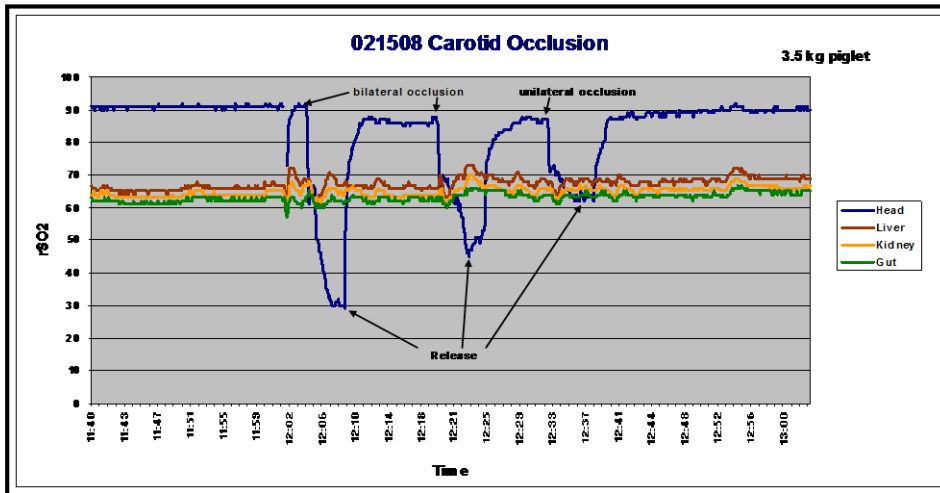


- Temperatura
- Presión Arterial Invasiva
- Frecuencia Cardiaca
- SpO₂
- SvO₂ co-oxímetro
- SaO₂ co-oxímetro
- ET-CO₂
- Electrolitos
- Gases Arteriales
- Lactato
- Glucosa
- Flujo de Art. Carotídea

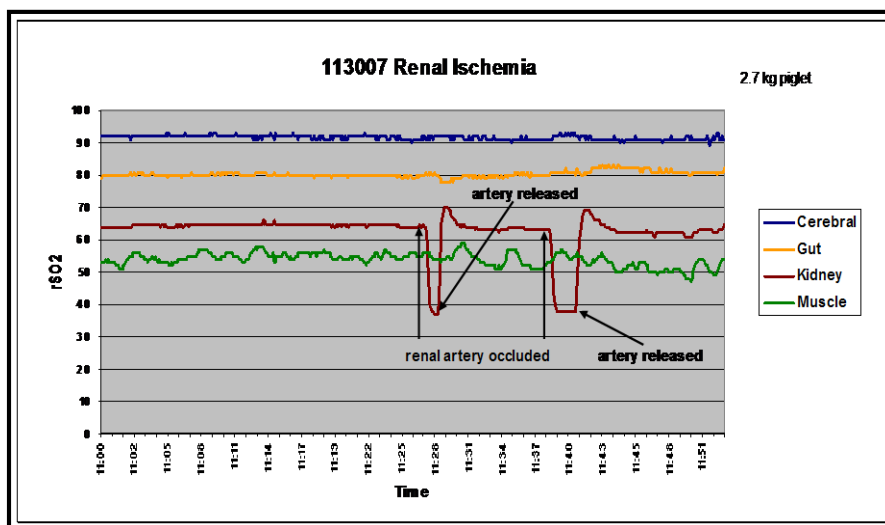
Validación de rSO₂ cerebral en cerditos



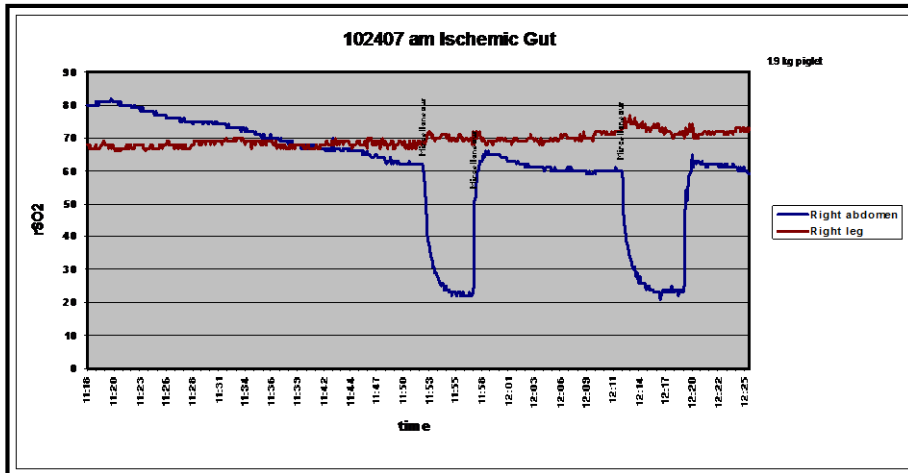
Hipoxia cerebral



Hipoxia renal-perirrenal

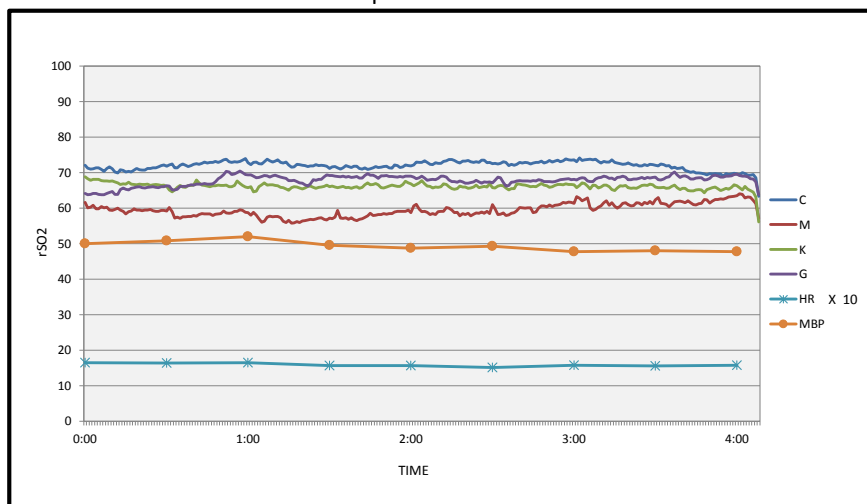


Hipoxia Intestinal



Estudio de estabilidad

Valores promedios n=4



Estudio de estabilidad

Time	0 min	30 min	60 min	90 min
pH	7.39 ± 0.03	7.38 ± 0.04	7.39 ± 0.06	7.39 ± 0.06
pCO ₂	36.2 ± 5.0	36.9 ± 3.7	34.2 ± 2.4	34.9 ± 1.2
BE	-3.0 ± 3.65	-3.0 ± 3.86	-4.0 ± 3.83	-3.5 ± 3.87
Lactate	1.77 ± 0.96	1.78 ± 0.97	1.78 ± 0.95	1.7 ± 1.04
pO ₂	113.0 ± 12.8	106.8 ± 11.9	113.2 ± 6.8	113.8 ± 13.1
Glucose	217.2 ± 198.6		124.0 ± 43.6	

Nachar R, *Pediatr Res* 70: 473–479, 2011

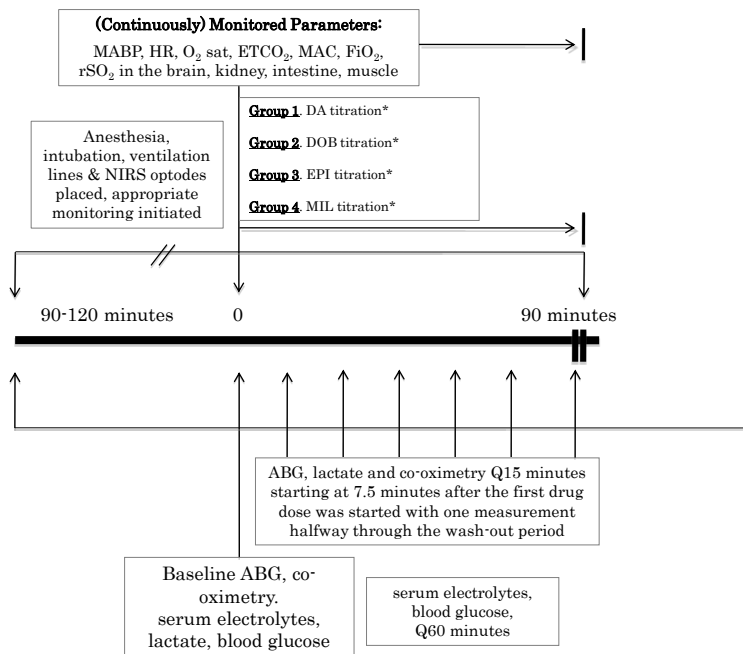
0031-3998/11/7005-0473
 PEDIATRIC RESEARCH
 Copyright © 2011 International Pediatric Research Foundation, Inc.

Vol. 70, No. 5, 2011
 Printed in U.S.A.

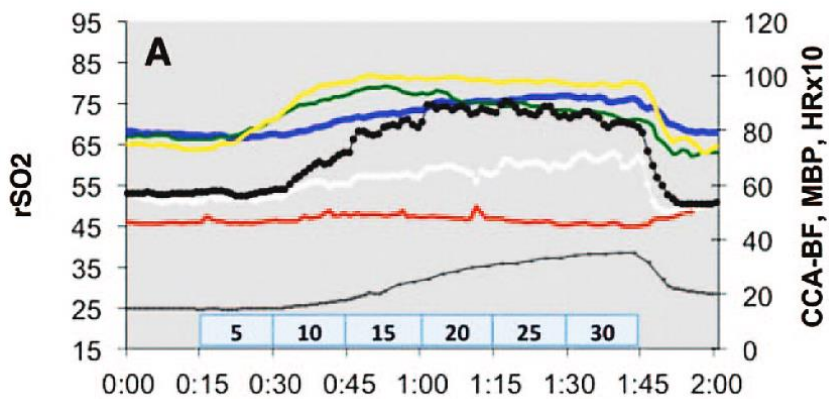
Dose-Dependent Hemodynamic and Metabolic Effects of Vasoactive Medications in Normotensive, Anesthetized Neonatal Piglets

RAUL A. NACHAR, ERIN A. BOOTH, PHILIPPE FRIEDLICH, MATTHEW BORZAGE, SADAF SOLEYMANI, MICHAEL D. WIDER, AND ISTVAN SERI

Figure 2. Administration of Vasoactive Medications to Normotensive and Normovolemic Piglets



Dopamina



CCA BF	KrSO ₂	HR
CrSO ₂	MrSO ₂	
GrSO ₂	MBP	

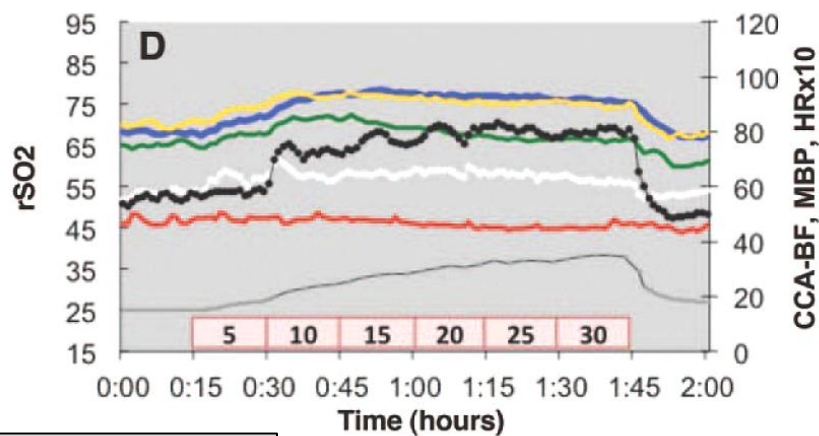
Nachar R, Pediatr Res 70: 473-479, 2011

Dopamina

Time	0 min	30 min	60 min	90 min
pH	7.36 ± 0.04	7.35 ± 0.04	7.33 ± 0.06	7.33 ± 0.07
pCO ₂	39.1 ± 4.2	39.8 ± 3.7	40.9 ± 4.1	40.7 ± 5.9
BE	-3.6 ± 2.94	-3.6 ± 2.99	-4.3 ± 2.98	-4.3 ± 2.98
Lactate	2.1 ± 0.92	2.1 ± 0.87	2.0 ± 0.67	2.1 ± 0.64
pO ₂	103.7 ± 4.7	101.7 ± 9.7	98 ± 15.2	92.7 ± 12.8
Glucose	109.3 ± 36.5*			145.9 ± 53.7†

Nachar R, Pediatr Res 70: 473–479, 2011

Dobutamina



CCA BF	KrSO2	HR
CrSO2	MrSO2	
GrSO2	MBP	

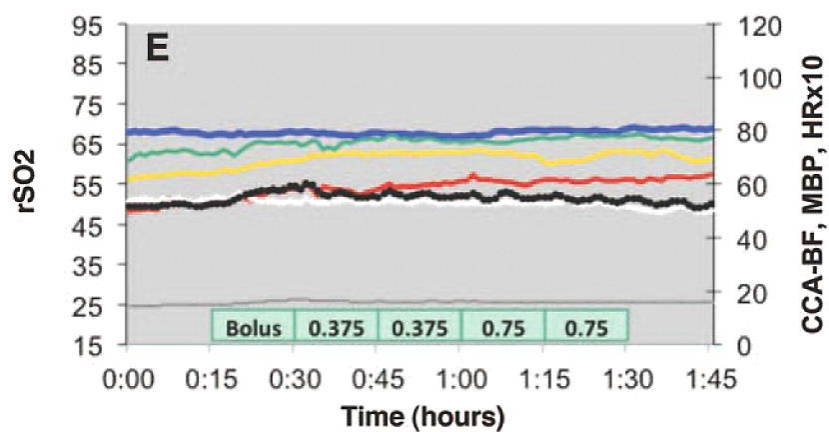
Nachar R, Pediatr Res 70: 473–479, 2011

Dobutamina

Time	0 min	30 min	60 min	90 min
pH	7.3 ± 0.04	7.3 ± 0.04	7.3 ± 0.03	7.3 ± 0.05
pCO ₂	41.0 ± 4.7	43.4 ± 6.3	40.7 ± 4.2	40.5 ± 3.9
BE	-3.75 ± 1.62	-4.14 ± 2.48	-4.14 ± 2.04	-4.71 ± 2.50
Lactate	1.73 ± 0.78	1.61 ± 0.82	1.68 ± 0.85	1.85 ± 0.90
pO ₂	111.4 ± 9.8	94.6 ± 12.9	97.6 ± 16.6	92.7 ± 17.9
Glucose	109.4 ± 38.8*			134.9 ± 26.9†

Nachar R, Pediatr Res 70: 473-479, 2011

Milrinona



CCA BF	KrSO2	HR
CrSO2	MrSO2	
GrSO2	MBP	

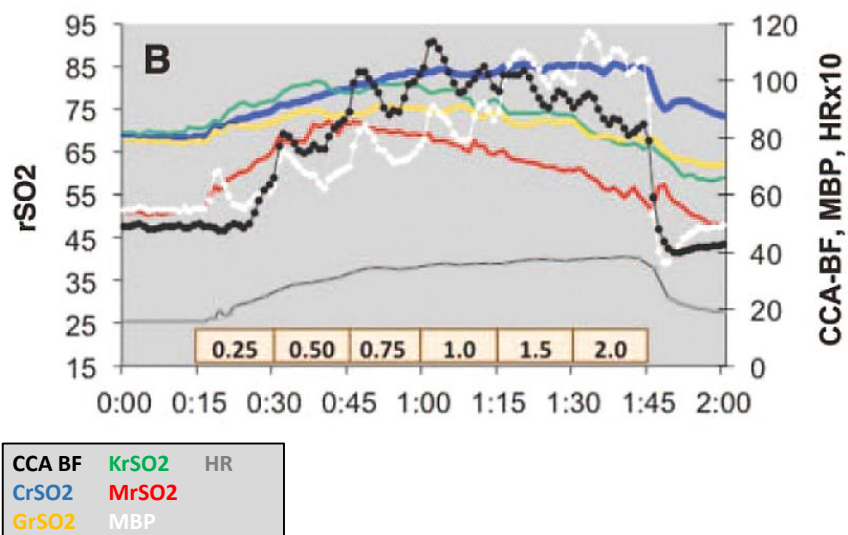
Nachar R, Pediatr Res 70: 473-479, 2011

Milrinona

Time	0 min	30 min	60 min	90 min
pH	7.38 ± 0.05	7.43 ± 0.18	7.37 ± 0.05	
pCO ₂	33.1 ± 5.9	35.52 ± 5.4	35.4 ± 5.4	
BE	-5.67 ± 3.72	-5.17 ± 3.19	-5.00 ± 3.35	
Lactate	3.08 ± 1.83	2.66 ± 0.89	2.71 ± 0.58	
pO ₂	116.5 ± 11.5	109.7 ± 9.7	106.0 ± 11.8	
Glucose	175.3 ± 90.2		142.3 ± 43.2	

Nachar R, Pediatr Res 70: 473–479, 2011

Epinefrina



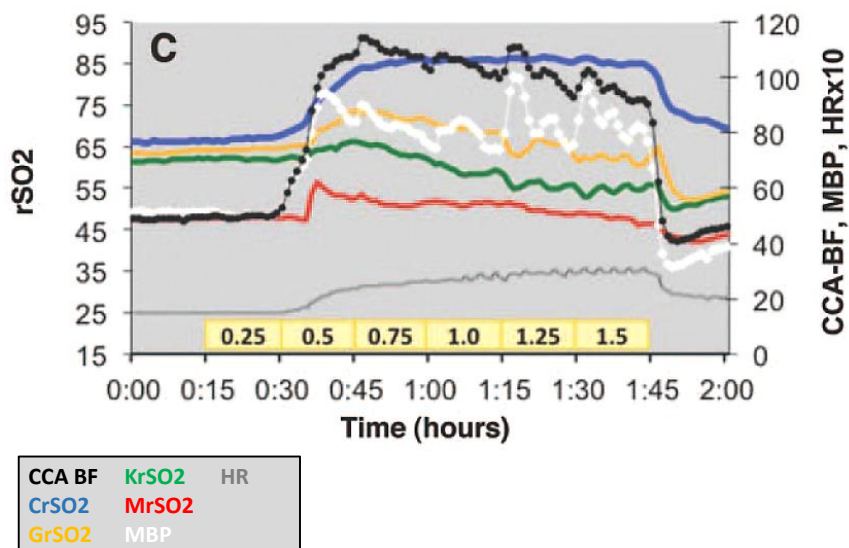
Nachar R, Pediatr Res 70: 473–479, 2011

Epinefrina

Time	0 min	30 min	60 min	90 min
pH	7.39 ± 0.08*	7.31 ± 0.06	7.26 ± 0.07†	7.26 ± 0.04†
pCO ₂	37.1 ± 5.56	41.9 ± 4.55	43.0 ± 8.72	40.8 ± 6.76
BE	-3.57 ± 3.26*	-5.8 ± 2.78	-8.0 ± 3.65†	-8.86 ± 3.29†
Lactate	2.13 ± 0.51*	3.43 ± 1.08	5.28 ± 1.02†	6.76 ± 1.16†
pO ₂	126.4 ± 17.7*	98 ± 17.8†	98 ± 15.6	98.6 ± 10.4†
Glucose	168.0 ± 41.8*			357.7 ± 45.2†

Nachar R, Pediatr Res 70: 473-479, 2011

Norepinefrina



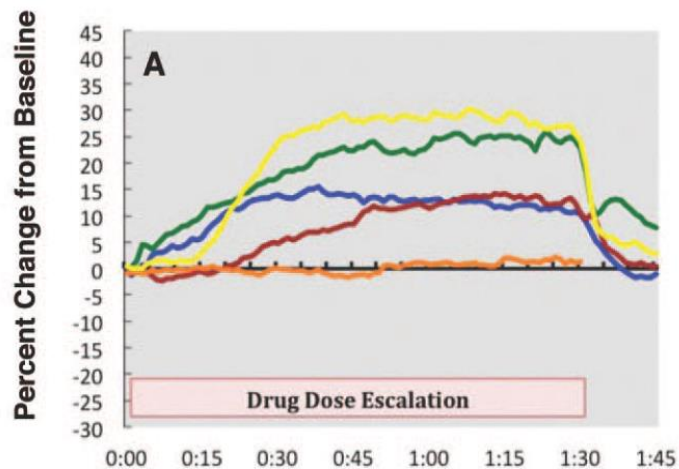
Nachar R, Pediatr Res 70: 473-479, 2011

Norepinefrina

Time	0 min	30 min	60 min	90 min
pH	7.33 ± 0.03	7.31 ± 0.07	7.32 ± 0.10	7.3 ± 0.7
pCO ₂	41.9 ± 0.5	43.3 ± 6.2	43.9 ± 9.2	40.3 ± 6.3
BE	-3.8 ± 1.5	-4.5 ± 1.9	-4.3 ± 2.6	-4.8 ± 2.9
Lactate	1.7 ± 0.6	1.8 ± 0.9	2.2 ± 0.6	2.9 ± 0.6
pO ₂	97.8 ± 11.3	95.0 ± 10.2	90.3 ± 5.1	90.5 ± 6.1
Glucose	122.8 ± 29.9*			209.8 ± 21.8†

Nachar R, Pediatr Res 70: 473-479, 2011

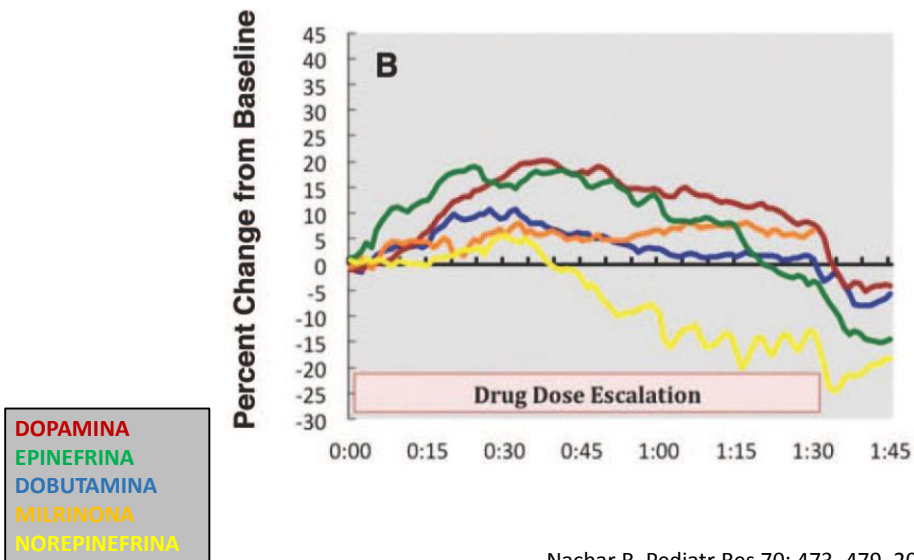
Respuesta Cerebral



DOPAMINA
EPINEFRINA
DOBUTAMINA
MILRINONA
NOREPINEFRINA

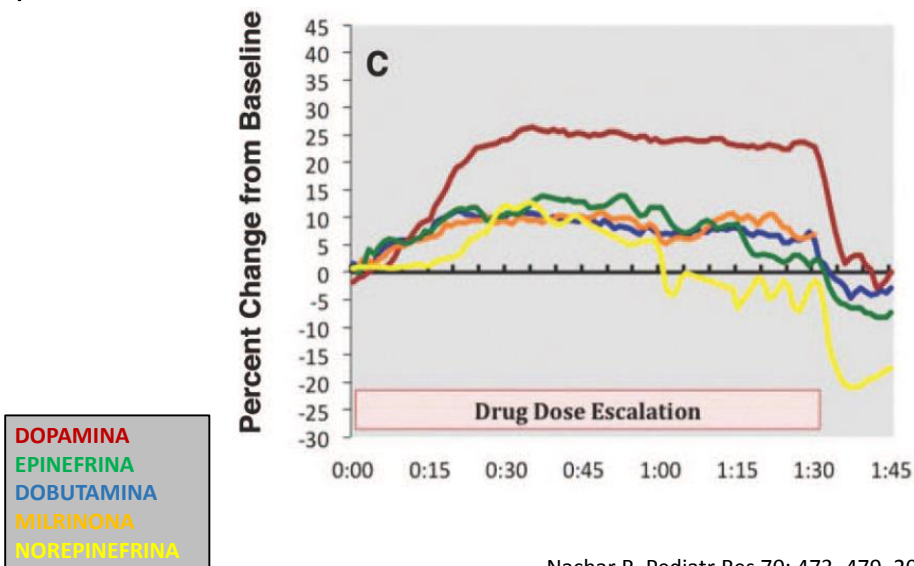
Nachar R, Pediatr Res 70: 473-479, 2011

Respuesta Renal



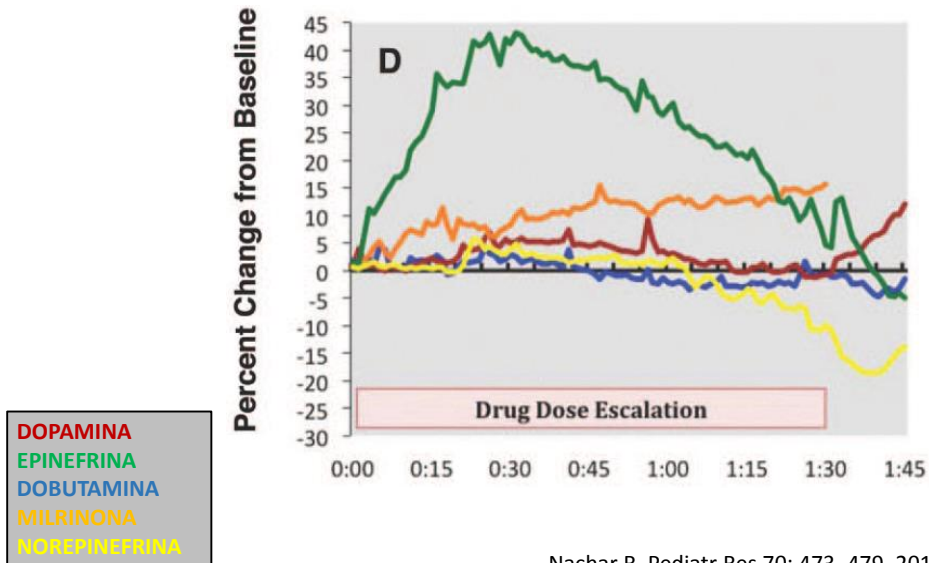
Nachar R, Pediatr Res 70: 473–479, 2011

Respuesta Intestinal



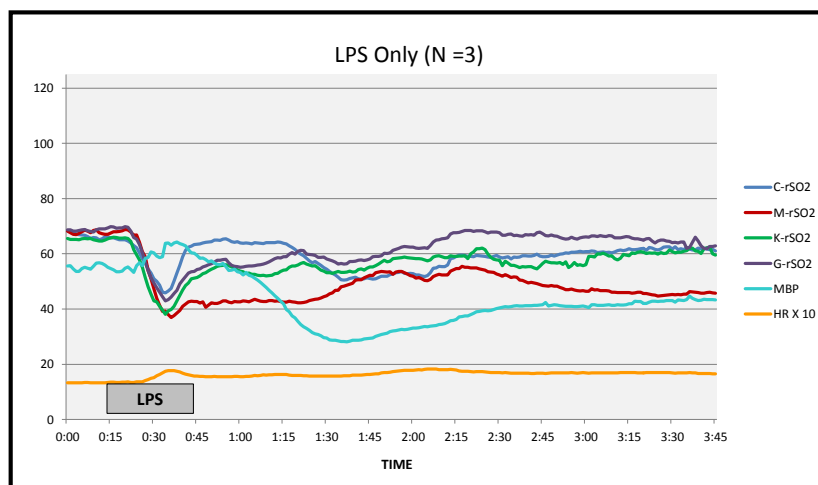
Nachar R, Pediatr Res 70: 473–479, 2011

Respuesta muscular



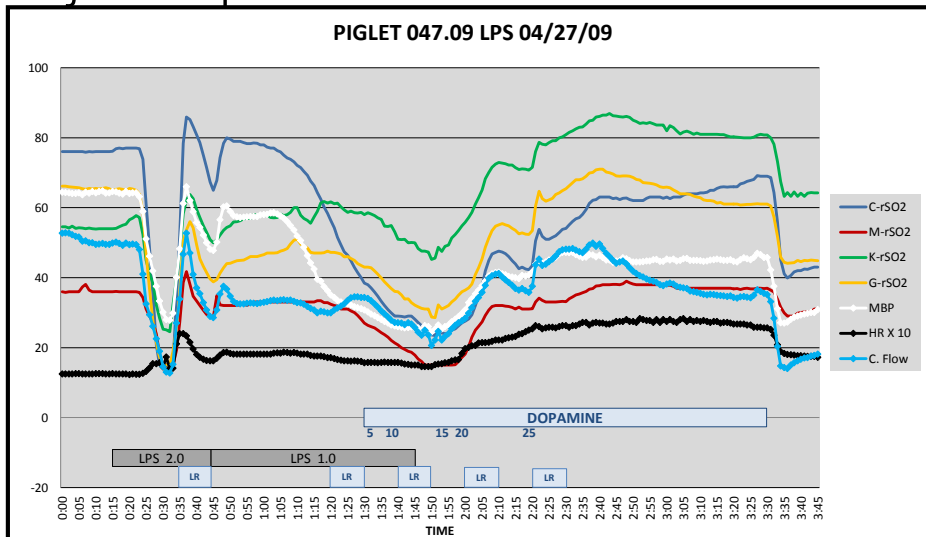
Nachar R, Pediatr Res 70: 473–479, 2011

Modelo Shock inducido por LPS



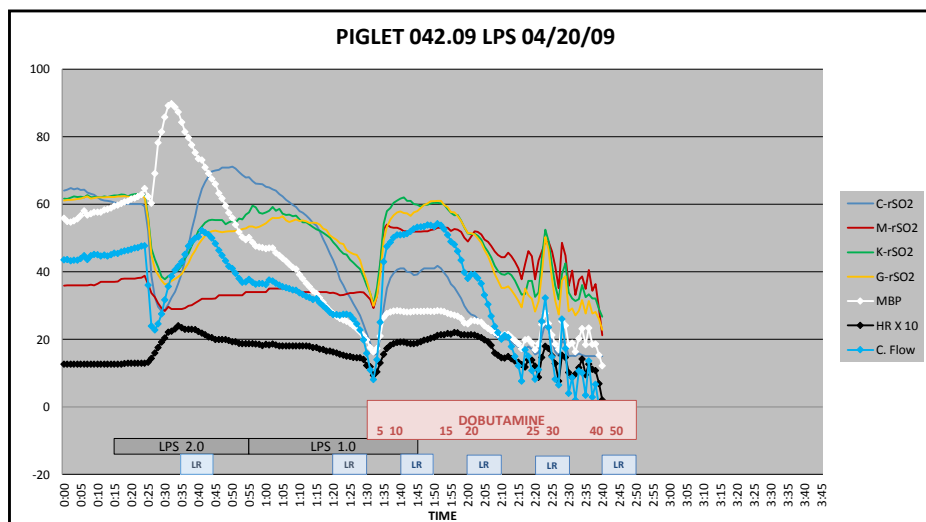
R Nachar, M Wider, I Seri

Manejo terapéutico



R Nachar, M Wider, I Seri

Manejo terapéutico

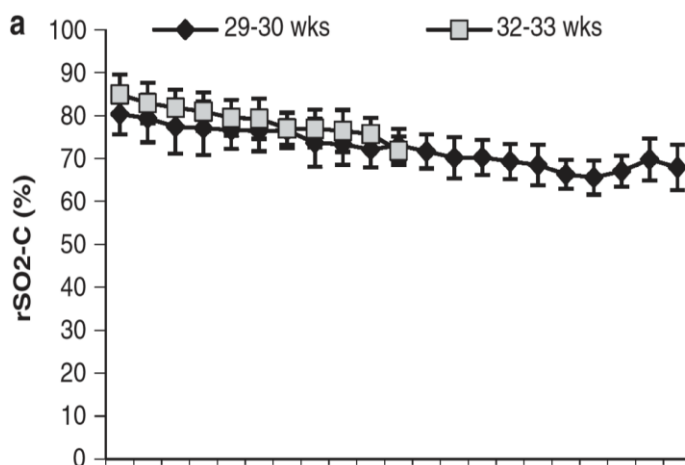


R Nachar, M Wider, I Seri

Y en la UCIN?

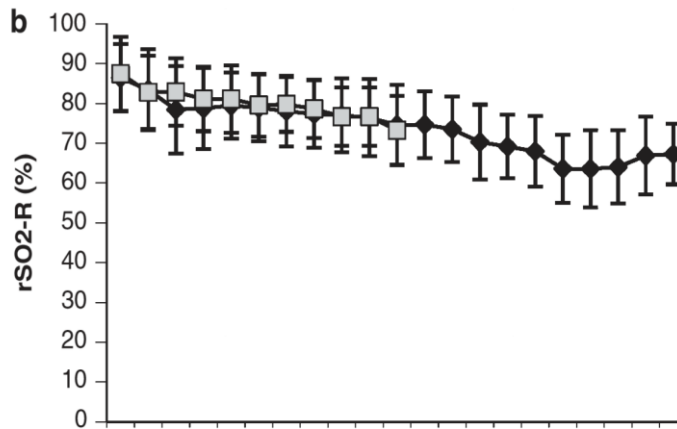


Valores normales de rSO₂ cerebral



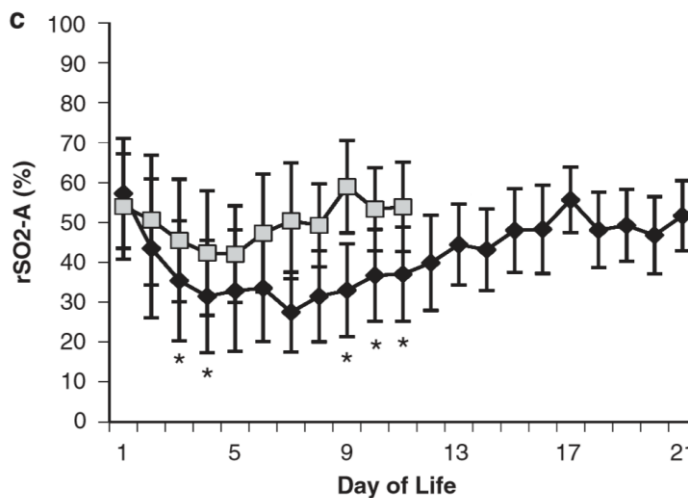
Normal cerebral, renal and abdominal regional oxygen saturations using near-infrared spectroscopy in preterm infants
S McNeill y cols. Journal of Perinatology (2011) 31, 51-57

Valores normales de rSO2 renal



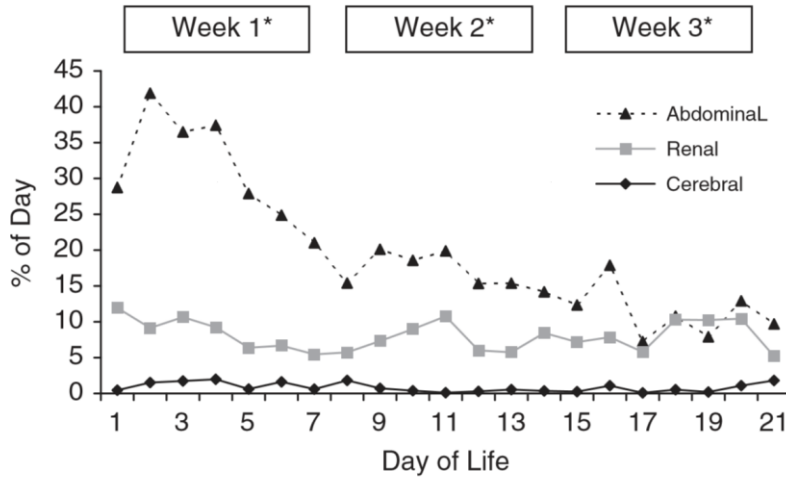
Normal cerebral, renal and abdominal regional oxygen saturations using near-infrared spectroscopy in preterm infants
S McNeill y cols. Journal of Perinatology (2011) 31, 51–57

Valores normales de rSO2 abdominal (intestinal)



Normal cerebral, renal and abdominal regional oxygen saturations using near-infrared spectroscopy in preterm infants
S McNeill y cols. Journal of Perinatology (2011) 31, 51–57

Variabilidad de valores de rSO₂ en el tiempo



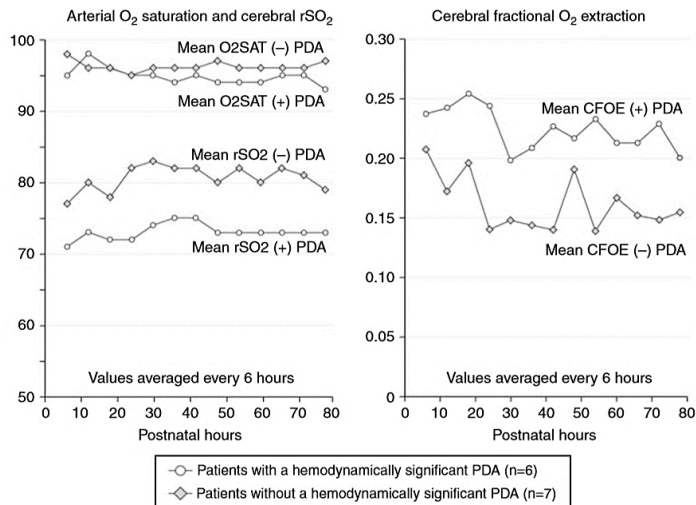
Normal cerebral, renal and abdominal regional oxygen saturations using near-infrared spectroscopy in preterm infants
S McNeill y cols. Journal of Perinatology (2011) 31, 51-57

Lesiones cerebrales RNM y rSO₂

- RNM preop (n =22) demostró lesiones isquémicas en 23% de pacientes.
- RNM postop (Norwood) (n =15) demostró nuevas lesiones o empeoramientos de previas en 73% de pacientes
- Lesiones mas frecuentes fueron LPV y lesiones isquémicas focales
- Valor bajo prolongado postoperatorio rSO₂ (45% por 180 min) se asoció con el desarrollo de nuevas lesiones o empeoramiento de previas (P = .029)

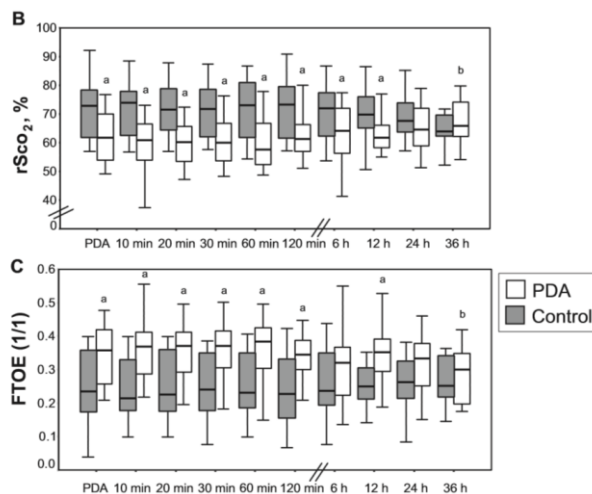
Dent CL et al. 2006 J Thorac Cardiovasc Surg 131; 190-197

DAP hemodinámicamente Significativo



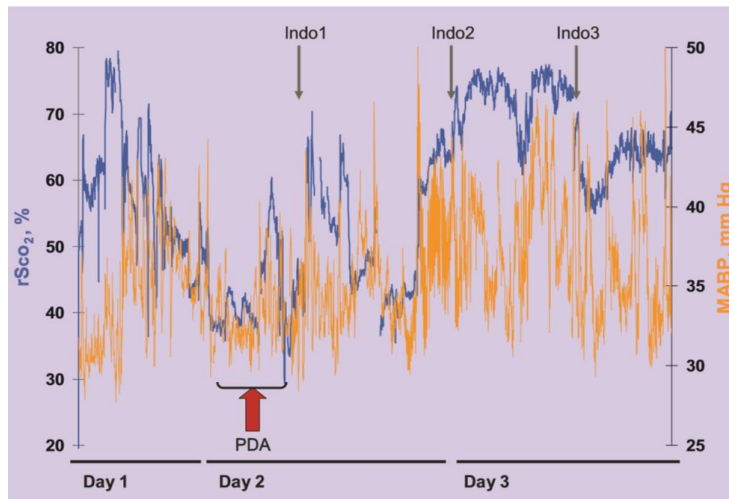
R Cayabyab, CW McLean and I Seri, Journal of Perinatology (2009)

Efecto del tratamiento del DAP



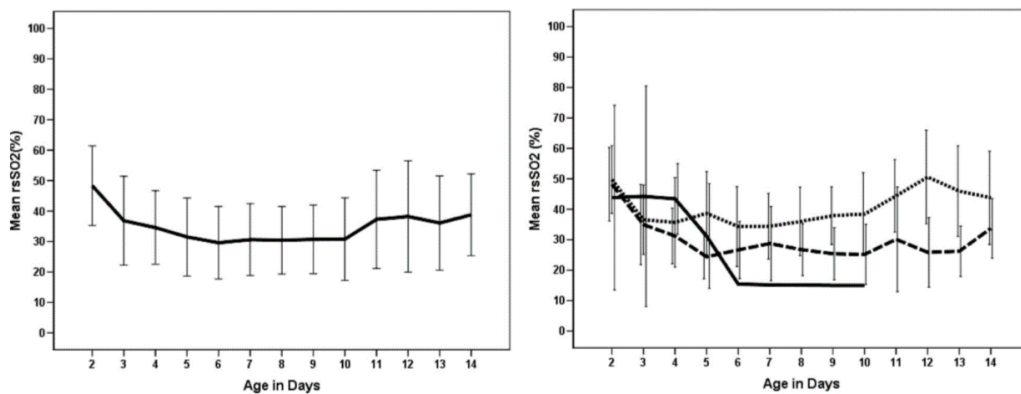
Petra M. A. Lemmers, Mona C. Toet and Frank van Bel, Pediatrics, 2008

DAP hemodinámicamente significativo en caso RN Pret 27 sem



Petra M. A. Lemmers, Mona C. Toet and Frank van Bel, Pediatrics, 2008

Saturación regional esplácnica



Cortez J, The Journal of Maternal-Fetal and Neonatal Medicine, 2011

Evaluar indicación de transfusión y su respuesta

- “Blood transfusions increase cerebral, splanchnic, and renal oxygenation in anemic preterm infants” *Dani C, TRANSFUSION, 2010*

TABLE 1. Main clinical characteristics of studied patients

Characteristics	Patients (n = 15)
Gestational age (weeks)	27.0 ± 2.4
Birth weight (g)	904 ± 235
Male	8 (53)
Cesarean delivery	9 (60)
Antenatal steroids	10 (67)
Weight at time of transfusion (g)	1530 ± 240
Respiratory distress syndrome	13 (87)
PDA	10 (67)
Grade 1 intraventricular hemorrhage	2 (13)
Periventricular leukomalacia	1 (7)
Necrotizing enterocolitis	1 (7)
Grade 3 or greater ROP	0
Death	0
Hospital stay (days)	80.4 ± 30.1

Data are reported as mean ± SD or rate (%).

Indicación de Transfusión: si Hcto < 25%, con síntomas de anemia (por ejemplo, problemas para alimentarse, o mal incremento ponderal, aparición de soplo cardiaco, etc).

Cambios en rSO₂ fueron significativos

TABLE 2. Change in heart rate, MABP, SaO₂, and TcCO₂

Time recording	Heart rate (beats/min)	MABP (mmHg)	TcCO ₂ (mmHg)	SaO ₂ (%)
T ₀	133 ± 8	56 ± 7	45 ± 3	95 ± 4
T ₁	136 ± 5	56 ± 5	42 ± 3	96 ± 3
T ₂	132 ± 7	55 ± 6	41 ± 3	96 ± 3
T ₃	130 ± 8	58 ± 7	43 ± 3	97 ± 3
T ₄	131 ± 8	59 ± 7	44 ± 5	97 ± 3
T ₅	122 ± 8	56 ± 6	42 ± 3	97 ± 4

Data are reported as mean ± SD.

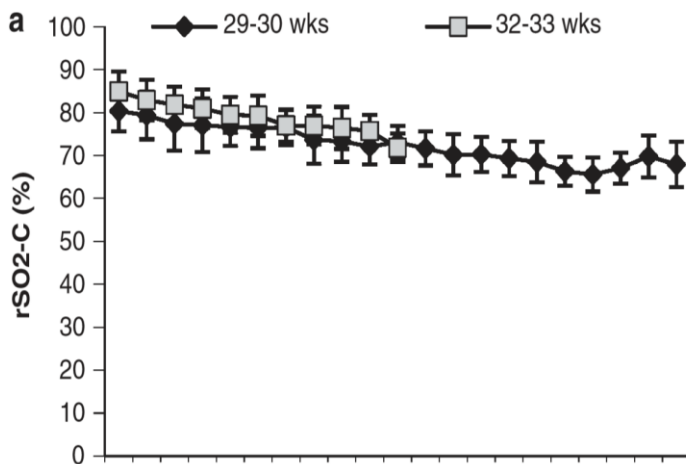
TABLE 3. Changes in rSO₂C, rSO₂S, and rSO₂R recorded 30 minutes before transfusion (T₀); at 1 (T₁), 2 (T₂), and 3 (T₃) hours after the beginning of RBC transfusion; at the end of transfusion (T₄); and 1 hour later (T₅)

Time recording	rSO ₂ C (%)	rSO ₂ S (%)	rSO ₂ R (%)
T ₀	65 ± 5	54 ± 12 ^{cd}	64 ± 7
T ₁	69 ± 5 ^{op}	60 ± 11 ^{so}	73 ± 7 ^{**}
T ₂	72 ± 4 ^{*o}	62 ± 11 ^{ooc}	75 ± 8 ^{*□}
T ₃	74 ± 5 ^{*^}	68 ± 7 ^{*a}	78 ± 6 ^{*\$^o}
T ₄	78 ± 6 [*]	70 ± 8 ^{*c}	85 ± 6 [*]
T ₅	79 ± 7 [*]	74 ± 9 ^{*d}	84 ± 10 [*]

○ p < 0.05 vs. T₀; * p < 0.0001 vs. T₀; ^o p < 0.05 vs. T₁;
[^] p < 0.01 vs. T₁; ^{*} p < 0.0001 vs. T₁; [□] p < 0.0001 vs. T₄;
^o p < 0.05 vs. T₄; [^] p < 0.005 vs. T₄; [#] p < 0.005 vs. T₅.
^a p < 0.05 vs. rSO₂C; ^b p < 0.001 vs. rSO₂C; ^c p < 0.0001 vs. rSO₂C; ^d p < 0.001 vs. rSO₂R; ^e p < 0.0001 vs. rSO₂R.

Dani C, TRANSFUSION, 2010

Valores normales de rSO₂ cerebral



Normal cerebral, renal and abdominal regional oxygen saturations using near-infrared spectroscopy in preterm infants
S McNeill y cols. Journal of Perinatology (2011) 31, 51–57

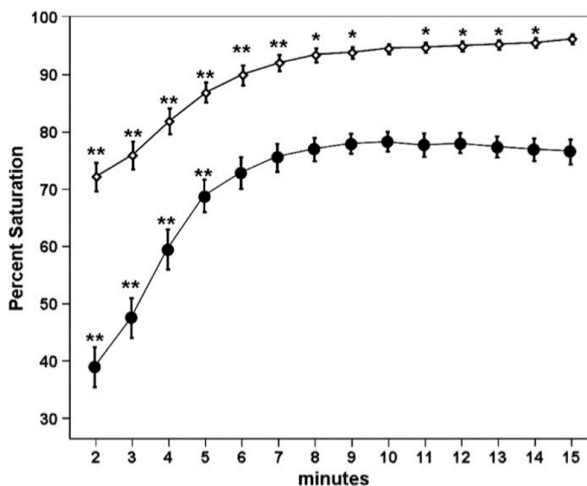
Oxigenación cerebral durante transición

Cerebral oxygenation during transition

Demographic data and patient's characteristics.

Gestational age (weeks)	40 (1.3)
Birthweight (g)	3370 (437)
Headcircumference (cm)	34.9 (1.4)
APGAR- 1 min	9 (0.5)
APGAR- 2 min	10 (0)
pH umbilical artery	7.28 (0.08)

Mean (SD).

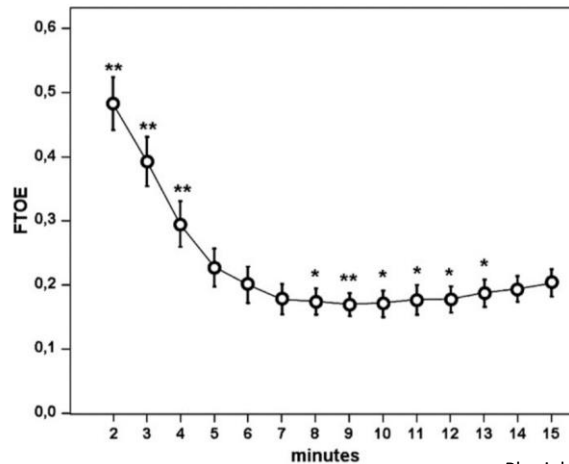


Physiol. Meas. 33 (2012) 95–102

Regional cerebral oxygen saturation in newborn infants in the first 15 min of life after vaginal delivery

Elisabeth Kratky & cols

Oxigenación cerebral durante transición



Physiol. Meas. 33 (2012) 95–102

Regional cerebral oxygen saturation in newborn infants
in the first 15 min of life after vaginal delivery

Elisabeth Kratky & cols

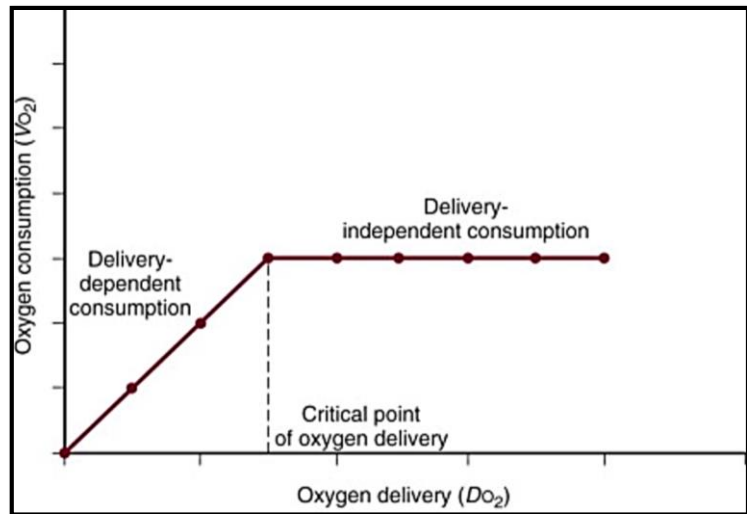
FTOE: Fracción de extracción tisular de O₂

- Es la cantidad de O₂ consumido (VO₂) por un tejido, expresado como fracción del O₂ entregado (DO₂)

$$\text{FTOE} = \frac{\text{VO}_2}{\text{DO}_2} = \frac{\text{GC} \times [(\text{Hb} \times 1.39) \times (\text{SaO}_2 - \text{SvO}_2)]}{\text{GC} \times (\text{Hb} \times 1.39) \times \text{SaO}_2}$$

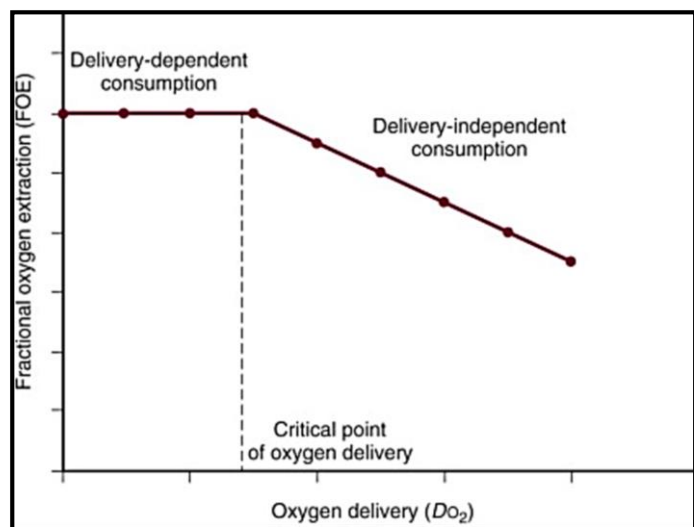
$$\text{FTOE} = \frac{\text{SaO}_2 - \text{SvO}_2}{\text{SaO}_2} \quad \longrightarrow \quad \text{FTOE} = \frac{\text{SaO}_2 - r\text{SO}_2}{\text{SaO}_2}$$

Relación VO₂ vs DO₂



NIRS and its use for the Assessment of Tissue Perfusion in the Neonates
 S. Victor & cols
 Hemodynamics and Cardiology. 2nd Edition

Relación DO₂ vs FOE

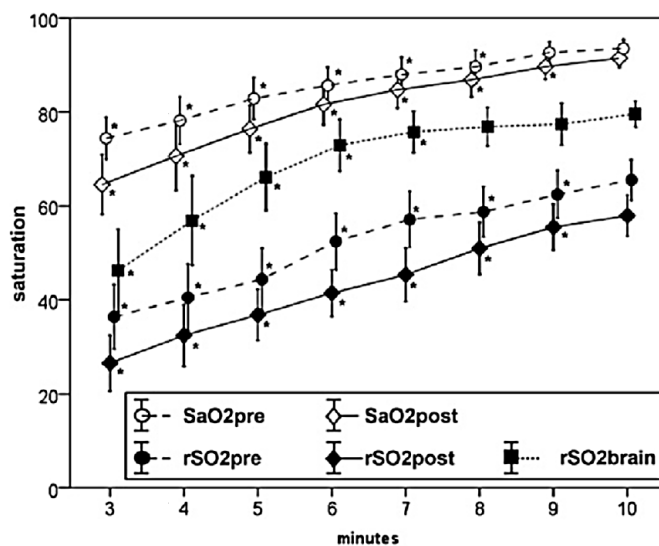


NIRS and its use for the Assessment of Tissue Perfusion in the Neonates
 S. Victor & cols
 Hemodynamics and Cardiology. 2nd Edition

Aumento de FTOE

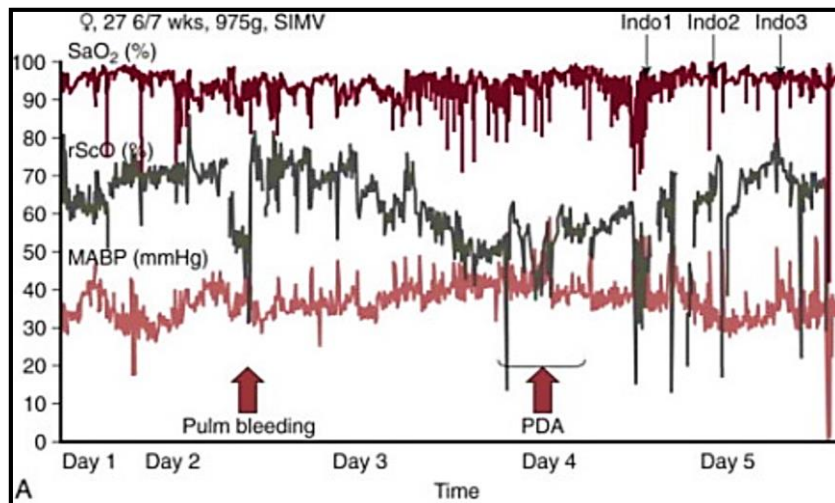
- Cambios locales de pH que permiten mayor entrega de O₂ a tejidos (curva de disociación de Hb)
- Cambios en difusibilidad de membranas celulares
- Dilatación y reclutamiento de capilares
- Valores Normales territorio cerebral 0,10 a 0,46

Oxigenación cerebral durante transición



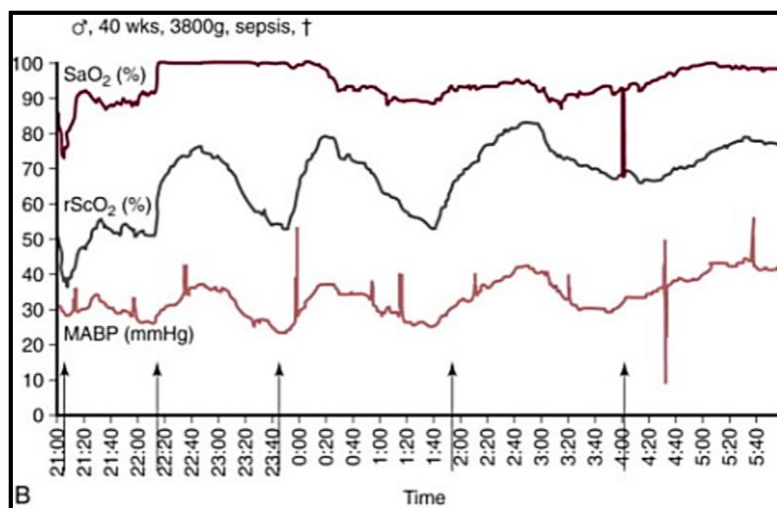
Urlesberger B, Regional Oxygen Saturation of the Brain and Peripheral Tissue during Birth Transition of Term Infants, J Ped 2010

DAP y Oxigenación cerebral



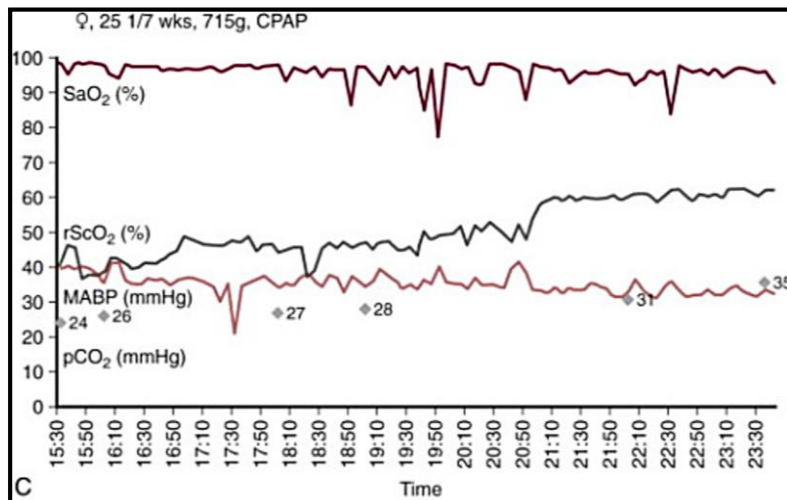
Clinical Applications of NIRS in Neonates
P. Lemmers & cols
Hemodynamics and Cardiology. 2nd Edition

Hipotensión y Oxigenación cerebral



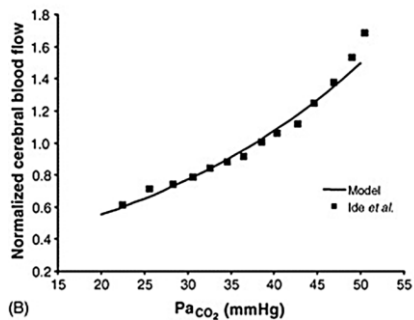
Clinical Applications of NIRS in Neonates
P. Lemmers & cols
Hemodynamics and Cardiology. 2nd Edition

pCO₂ y Oxigenación cerebral



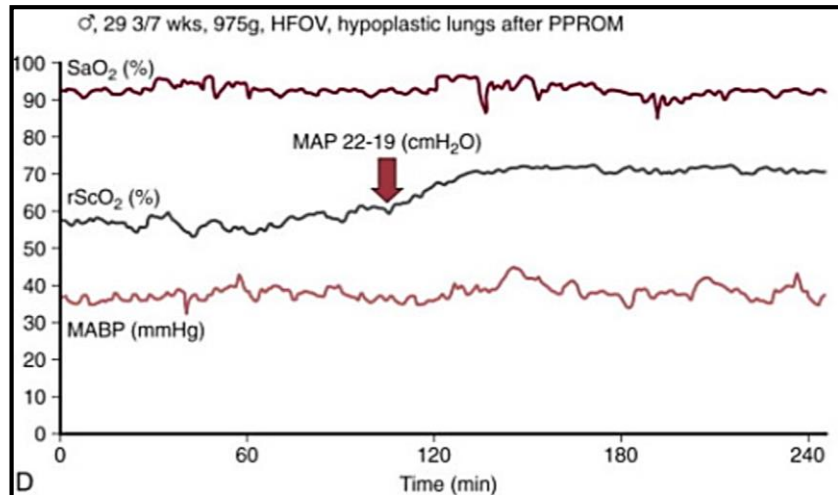
Clinical Applications of NIRS in Neonates
P. Lemmers & cols
Hemodynamics and Cardiology. 2nd Edition

Relación entre pCO₂ y Flujo Cerebral



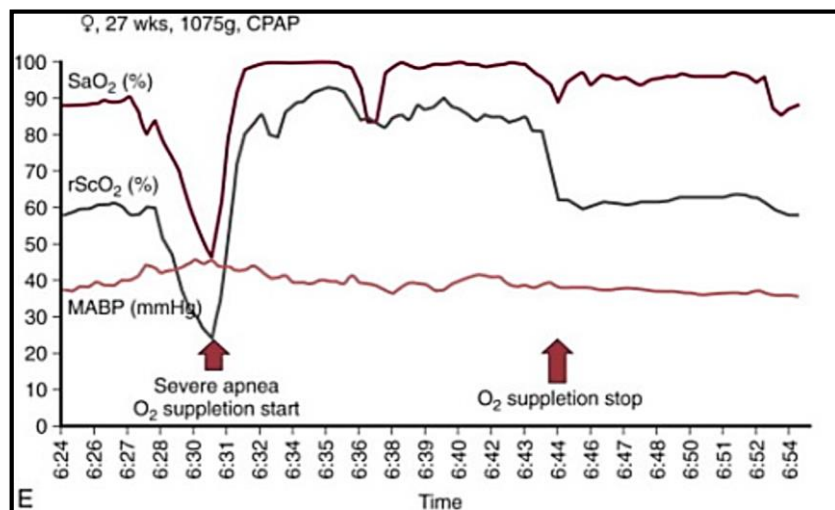
- Cambios en 1 mmHg en PaCO₂ resultan en 4% de cambio en FSC
- Cambios en 1 mmHg en PAM resulta en 1% de cambio en FSC
- Efecto dado por cambios del ph perivascular

P^o intratorácica elevada y Oxigenación cerebral



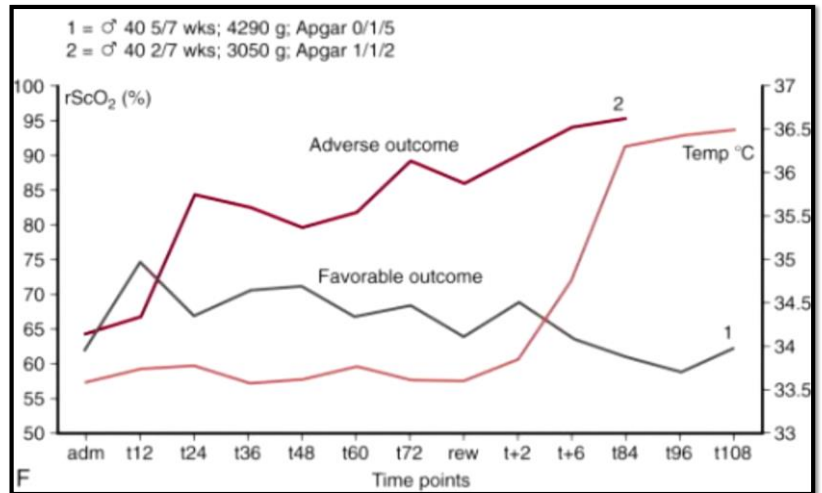
Clinical Applications of NIRS in Neonates
P. Lemmers & cols
Hemodynamics and Cardiology. 2nd Edition

Apnea y Oxigenación cerebral



Clinical Applications of NIRS in Neonates
P. Lemmers & cols
Hemodynamics and Cardiology. 2nd Edition

Asfixia-Hipotermia y Oxigenación cerebral



Clinical Applications of NIRS in Neonates
P. Lemmers & cols
Hemodynamics and Cardiology. 2nd Edition

Muchas gracias