

OXIGENACIÓN TISULAR POR ESPECTROSCOPIA CERCANA AL INFRARROJO (NIRS)

CONCEPTOS BÁSICOS Y USO EN RECIÉN NACIDO CRITICO

Rosminia Arellano Pajaro

Residente de Pediatría 2do Año - USS

HOJA DE RUTA

NIRS: Conceptos generales

Validación como monitorización oxigenación cerebral

Rol en detección de fenómenos fisiopatológicos que afectan perfusión / oxigenación

Oxigenación somática

Conclusiones



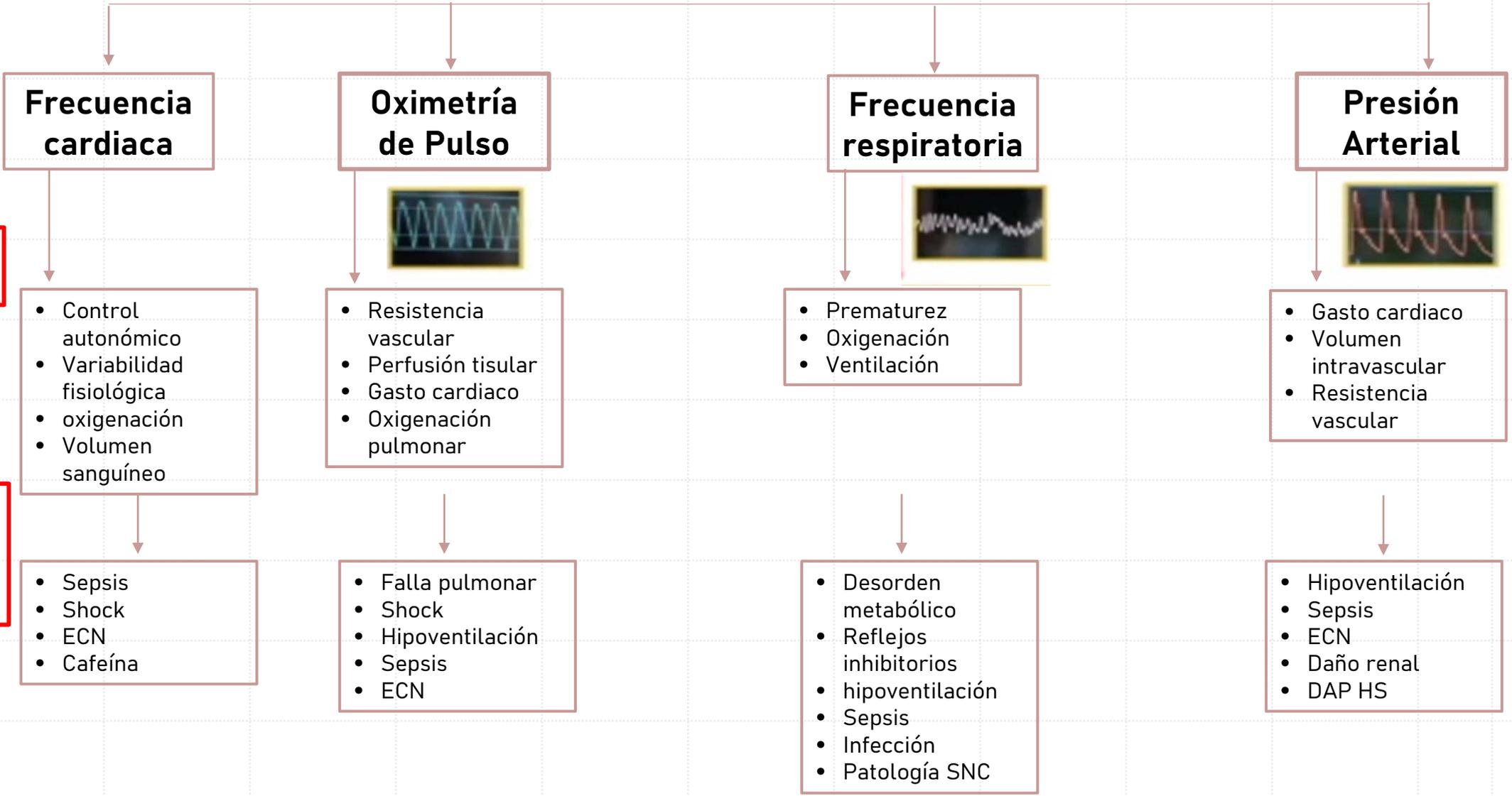
EVALUACIÓN DE COMPROMISO PERFUSIÓN TISULAR

Evaluación debe considerar:

- Presión Arterial
- Flujo Sistémico
- Distribución a diversos tejidos
- **Oxigenación tisular regional**

MONITORIZACIÓN HABITUAL

Monitorización continua



Frecuencia cardiaca

Oximetría de Pulso

Frecuencia respiratoria

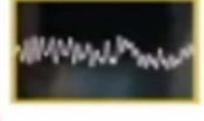
Presión Arterial

Determinantes fisiológicas

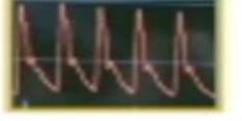
- Control autonómico
- Variabilidad fisiológica
- oxigenación
- Volumen sanguíneo



- Resistencia vascular
- Perfusión tisular
- Gasto cardiaco
- Oxigenación pulmonar



- Prematurez
- Oxigenación
- Ventilación



- Gasto cardiaco
- Volumen intravascular
- Resistencia vascular

Condiciones patológicas alterando signos vitales

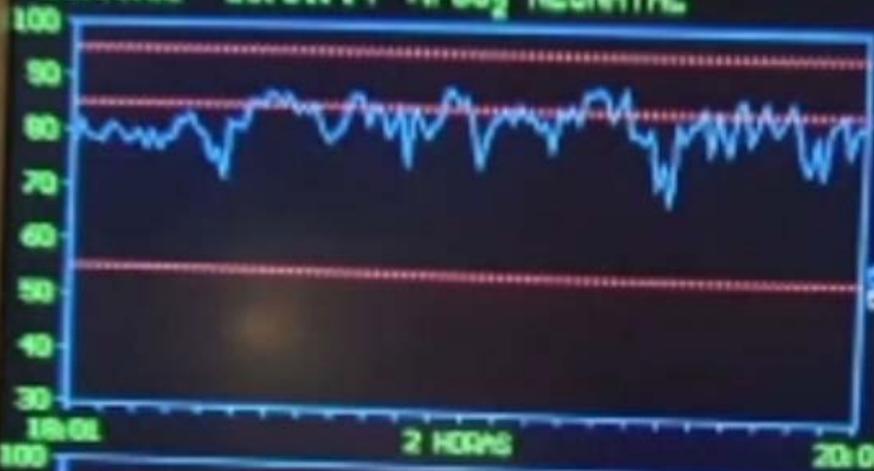
- Sepsis
- Shock
- ECN
- Cafeína

- Falla pulmonar
- Shock
- Hipoventilación
- Sepsis
- ECN

- Desorden metabólico
- Reflejos inhibitorios
- hipoventilación
- Sepsis
- Infección
- Patología SNC

- Hipoventilación
- Sepsis
- ECN
- Daño renal
- DAP HS

01.11.22 20:01:14 %rSO₂ NEONATAL



C84 **77**
AUC: 1 min% SSI

A SENSOR NO CONECTADO
1. COMPROB CONEXION SENSOR
2. COMPROB CONEXION CABLE
CONEXION A PREIMP

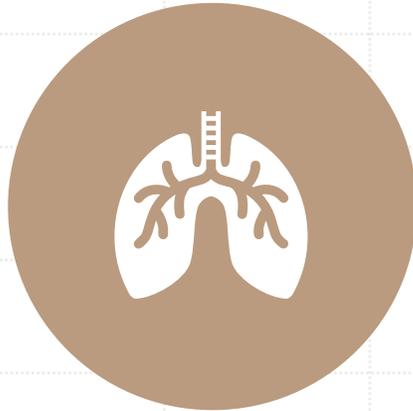


R88 **71**
AUC: 12 min% SSI

R SENSOR NO CONECTADO
1. COMPROB CONEXION SENSOR
2. COMPROB CONEXION CABLE
CONEXION A PREIMP

LÍNEA BASE+EVENT, RESUMEN AUC ALARMA AUDIO ON/OFF SIGUIENTE MENU

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 CONCENTRACIONES DE OXIHEMOGLOBINA Y DESOXIHEMOGLOBINA.

NIRS (Near Infrared Spectroscopy)



Mide en forma simultanea y continua cambios en la saturación de Hb en diversos parénquimas .



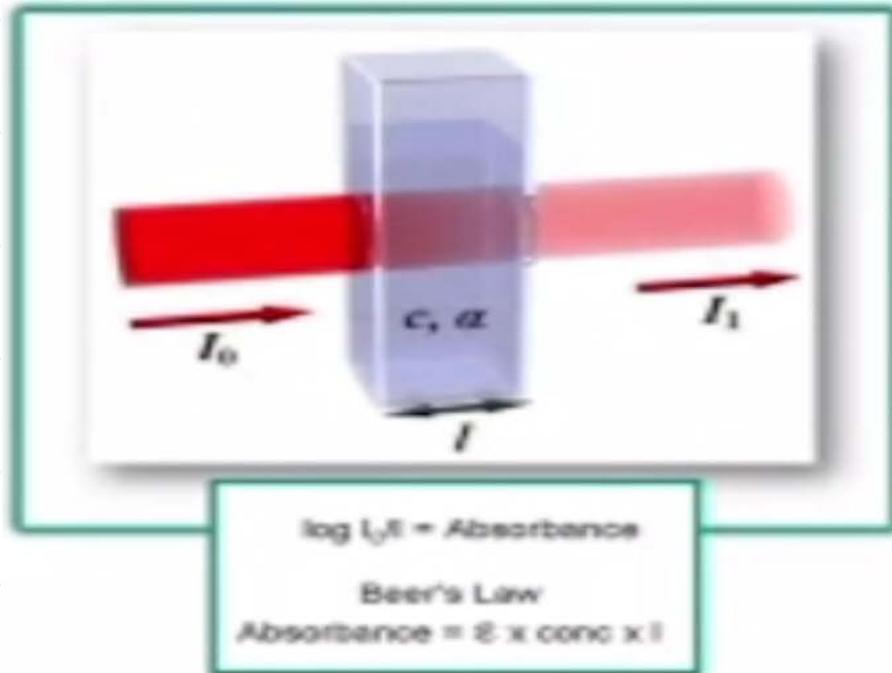
Saturación regional de O₂ (rSO₂) se expresa en valores absolutos



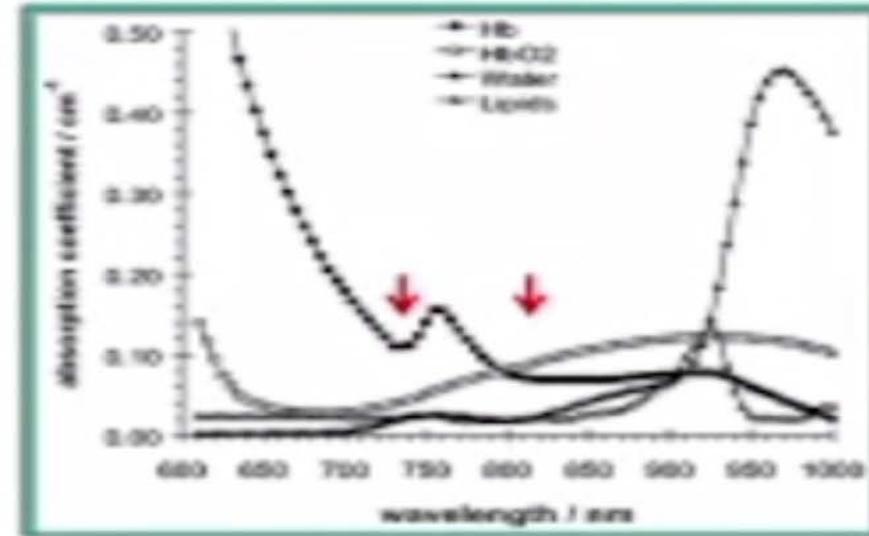
Estudios en modelos animales y en humanos han demostrado buena correlación entre rSO₂ cerebral y saturación venosa central (r=0.94)



Ley de Beer - Lambert



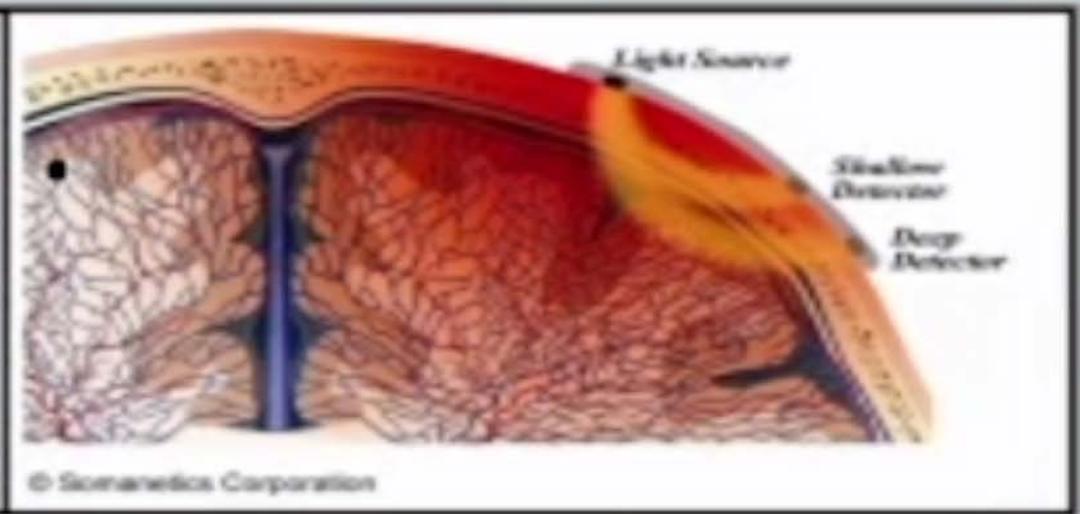
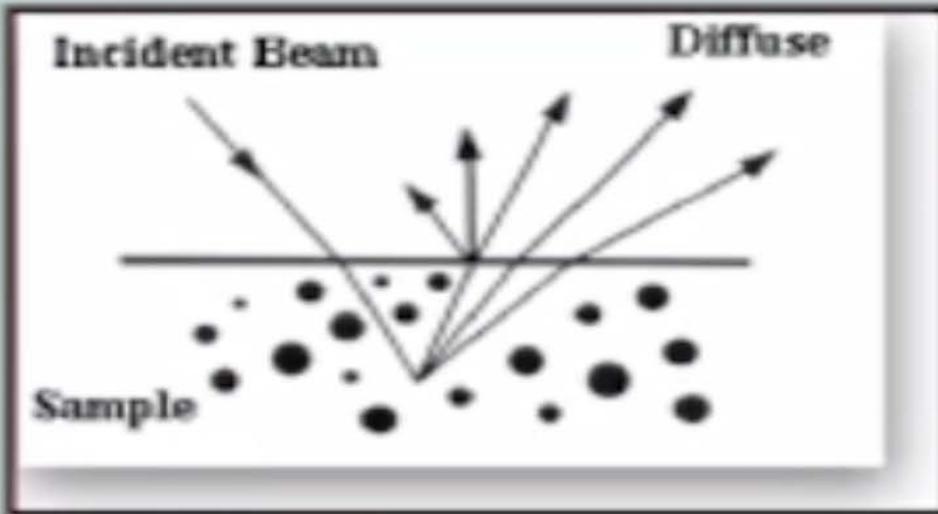
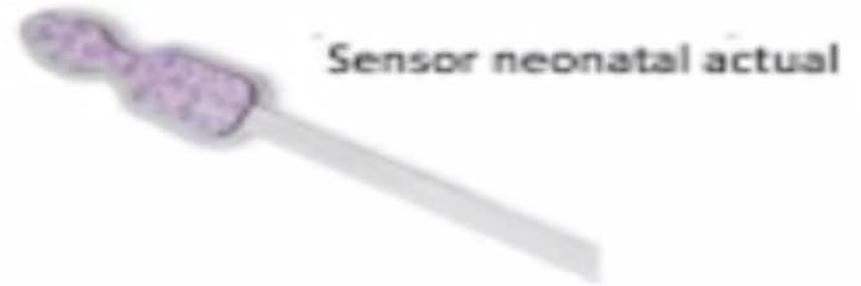
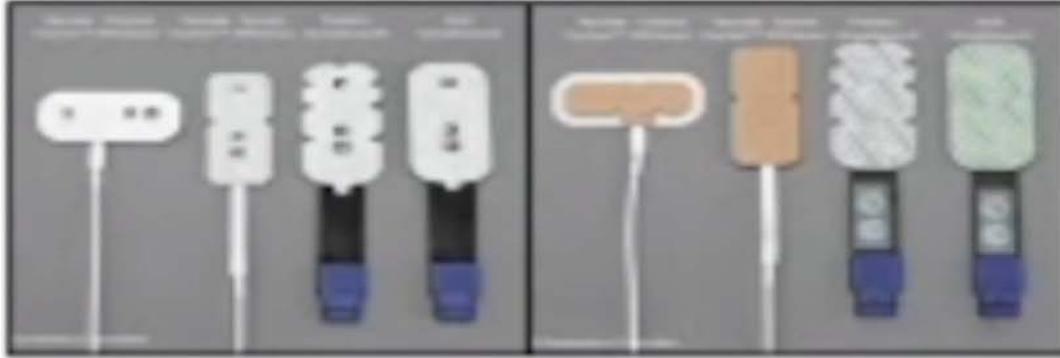
Espectro Absorción de Hb a nivel infrarrojo



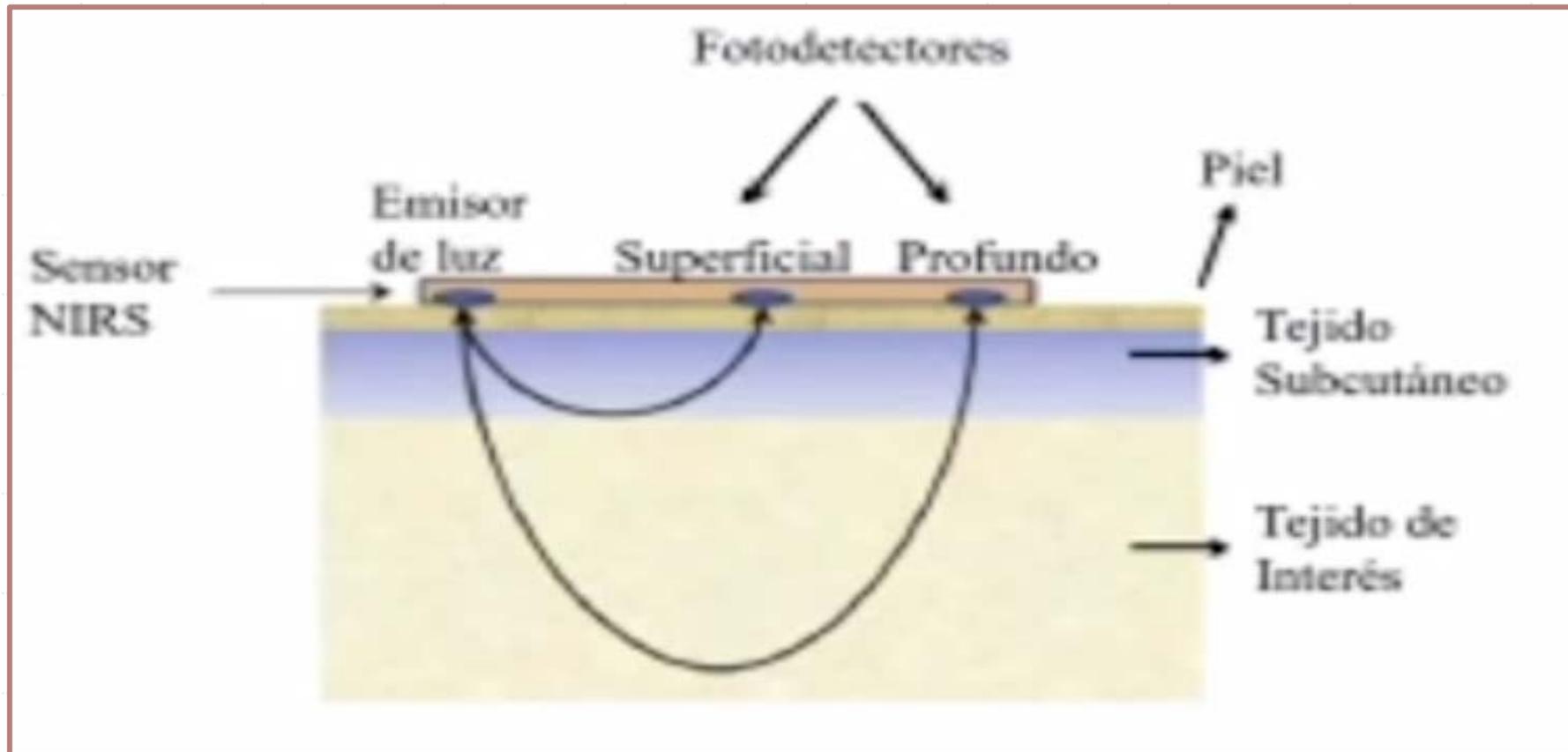
Principio de absorbancia - ley de Beer - Lambert modificada

La cantidad de luz absorbida se puede calcular por la relación entre la luz que después se recoge con relación a la luz que se incidió.

Sensores NIRS (INVOS)



FUNCIONAMIENTO NIRS



QUE REPRESENTA SATURACIÓN REGIONAL TISULAR (rSO₂)



rSO₂ (SATURACIÓN REGIONAL)

- ❖ Principal determinante es **flujo sanguíneo** al tejido evaluado (perfusión tisular)
- ❖ También influyen:
 1. SapO₂
 2. Concentración de Hb
 3. Gasto metabólico tisular (consumo de O₂)
 4. Contribución relativa de sangre venosa y arterial al tejido
 5. Autorregulación

Contenido de O₂

**QUE
SIGNIFICA
UN CAMBIO
EN rSO₂**

Disminución de rSO₂:

Disminución en entrega de O₂ (disminución de contenido de O₂ y/o de la perfusión)

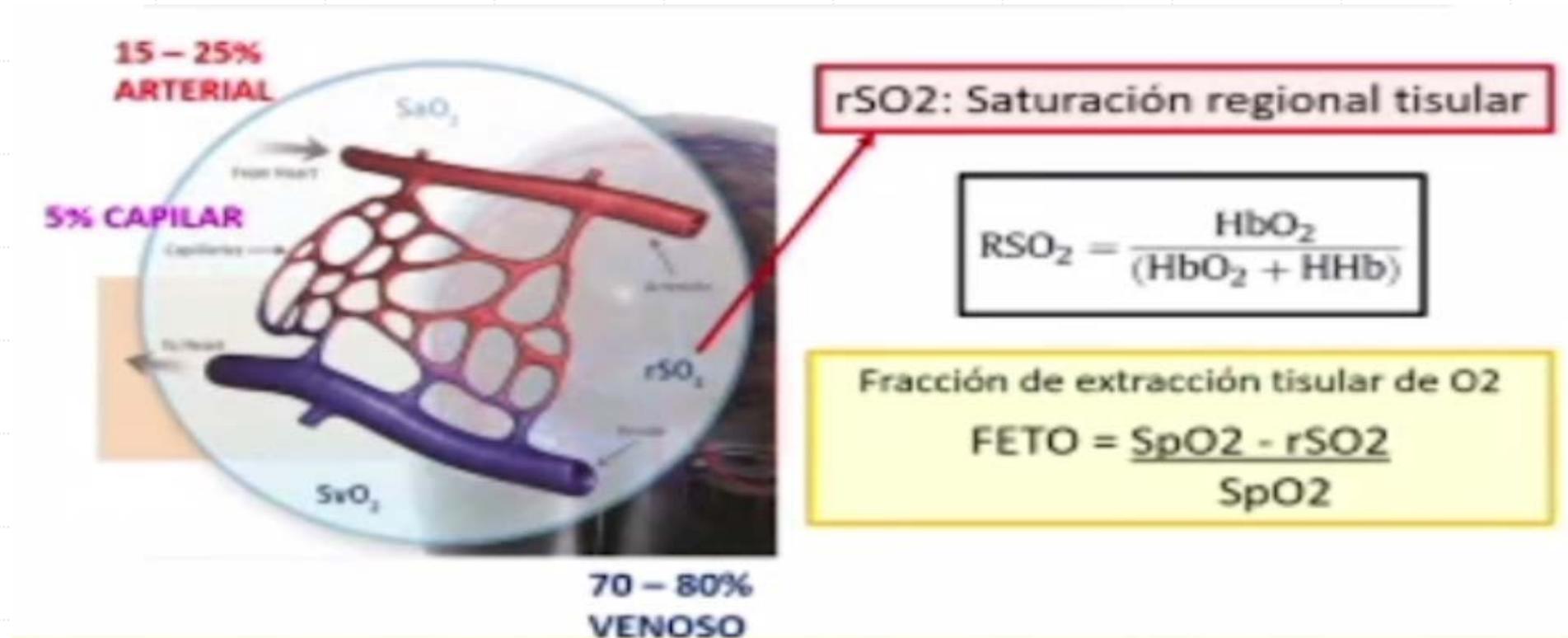
Aumento del consumo de O₂ tisular

Aumento de rSO₂:

Aumento en entrega de O₂ (aumento de contenido de O₂ y/o de la perfusión)

Disminución del consumo de O₂ tisular

QUE REPRESENTA SATURACIÓN REGIONAL TISULAR (rSO₂)



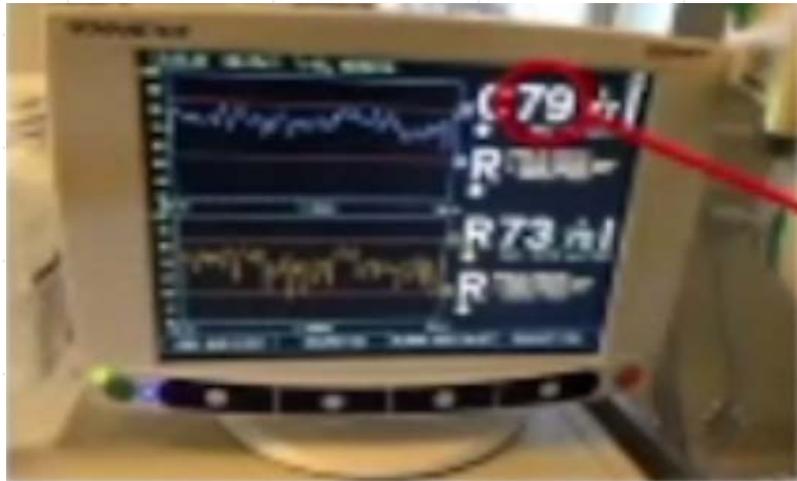
SATURACIÓN REGIONAL DE OXIGENO (RSO2) Y FRACCIÓN DE EXTRACCIÓN TISULAR DE O2 (FETO)

- FETO, entrega una estimación de la cantidad de O2 extraída por el tejido, de forma no invasiva
- Refleja el equilibrio entre el suministro y el consumo de oxígeno del tejido
- Es un marcador indirecto del metabolismo cerebral
- Valor Normal: 0.15 – 0.35

Fracción de extracción tisular de O2

$$FETO = \frac{SpO_2 - rSO_2}{SpO_2}$$

VALORES DE NIRS: rSO2 y FETO



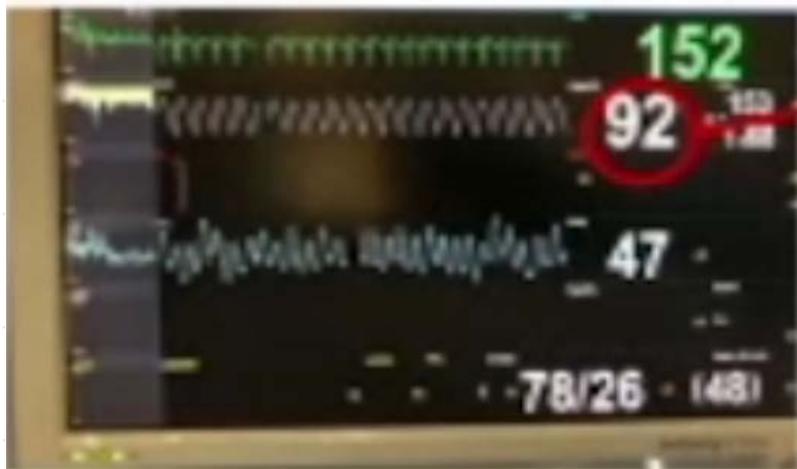
Saturación cerebral 79%

Saturación renal 73%

Fracción de extracción tisular cerebral:

$$C-FETO = \frac{SpO_2 - rSO_2}{SpO_2}$$

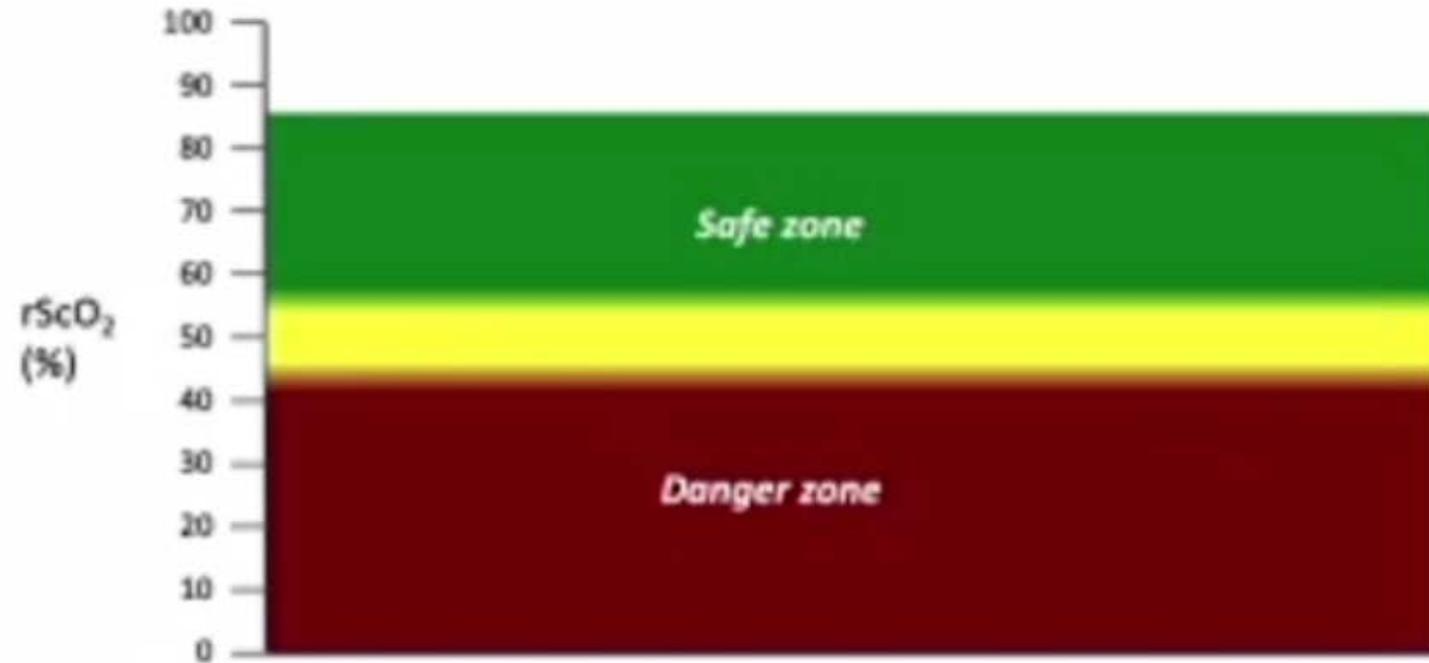
$$\frac{92 - 79}{92} = 0.14$$



Valores Normales territorio cerebral:

0,15 a 0,35

RANGOS DE SATURACIÓN CEREBRAL OBJETIVO EN RECIÉN NACIDOS

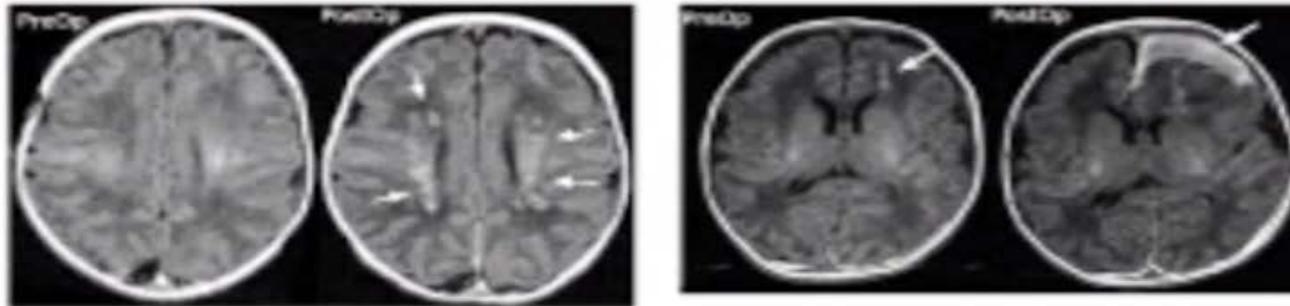


Brain magnetic resonance imaging abnormalities after the Norwood procedure using regional cerebral perfusion

Catherine L. Dent, MD,^a James P. Spaeth, MD,^b Blaise V. Jones, MD,^a Steven M. Schwartz, MD,^a
Tracy A. Glauser, MD,^b Barbara Hallinan, MD,^b Jeffrey M. Pearl, MD,^d Philip R. Khoury, MS,^{a,e} and C. Dean Kurth, MD^f

Resultados: RM preoperatoria (n = 22) demostró lesiones isquémicas en 23% de pacientes. RM postoperatoria (n = 15) demostró lesiones isquémicas nuevas o peores en 73% de los pacientes: LPV y lesiones isquémicas focales.

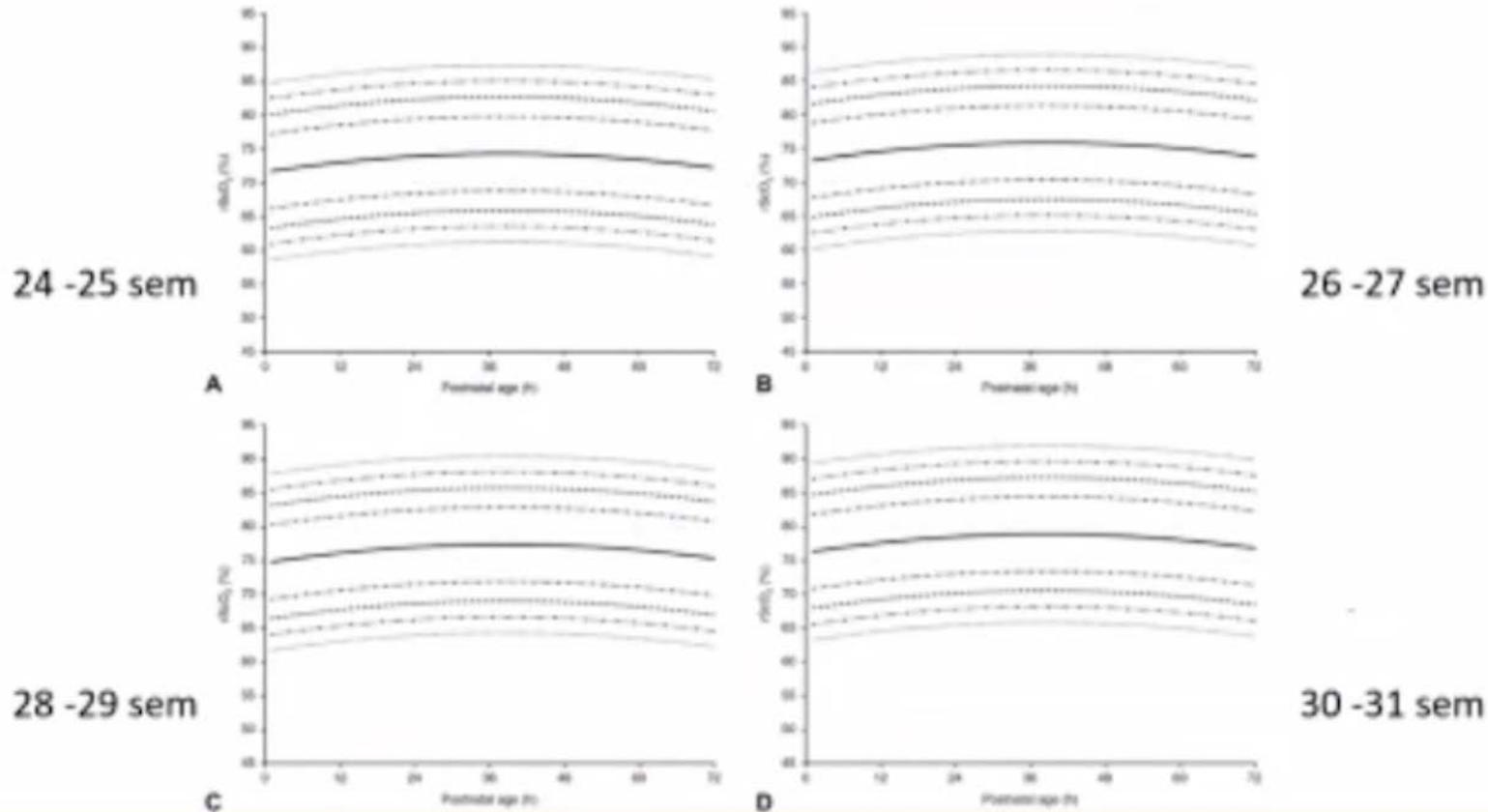
La oximetría cerebral postop. prolongada baja (45% por 180 min.) se asoció con desarrollo de isquemia nueva o peor en RM postop (p = 0,029).



Conclusión: Las lesiones isquémicas ocurren en RN con Sd hipoplasia de corazón izquierdo antes de cirugía. Pese adopción de perfusión cerebral regional, lesiones isquémicas cerebrales postop. son frecuentes (op. Norwood)

Es necesario seguimiento a largo plazo para evaluar impacto funcional de estas lesiones.

VALORES NORMALES DE CRSO2 EN RN PRETÉRMINOS: 70% (55% - 85%)



ALDERLIESTEN, Thomas, et al. Low cerebral oxygenation in preterm infants is associated with adverse neurodevelopmental outcome. *The Journal of Pediatrics*, 2019, vol. 207, p. 109-116. e2.

"Cerebral NIRS oximetry in extremely preterm infants, fase II randomised clinical trial (Safe BoosC)

- **Objetivo:** Determinar factibilidad de estabilizar oxigenación cerebral de RN prematuros utilizando oximetría por NIRS

8 UCIN hospitales terciarios en países de Europa

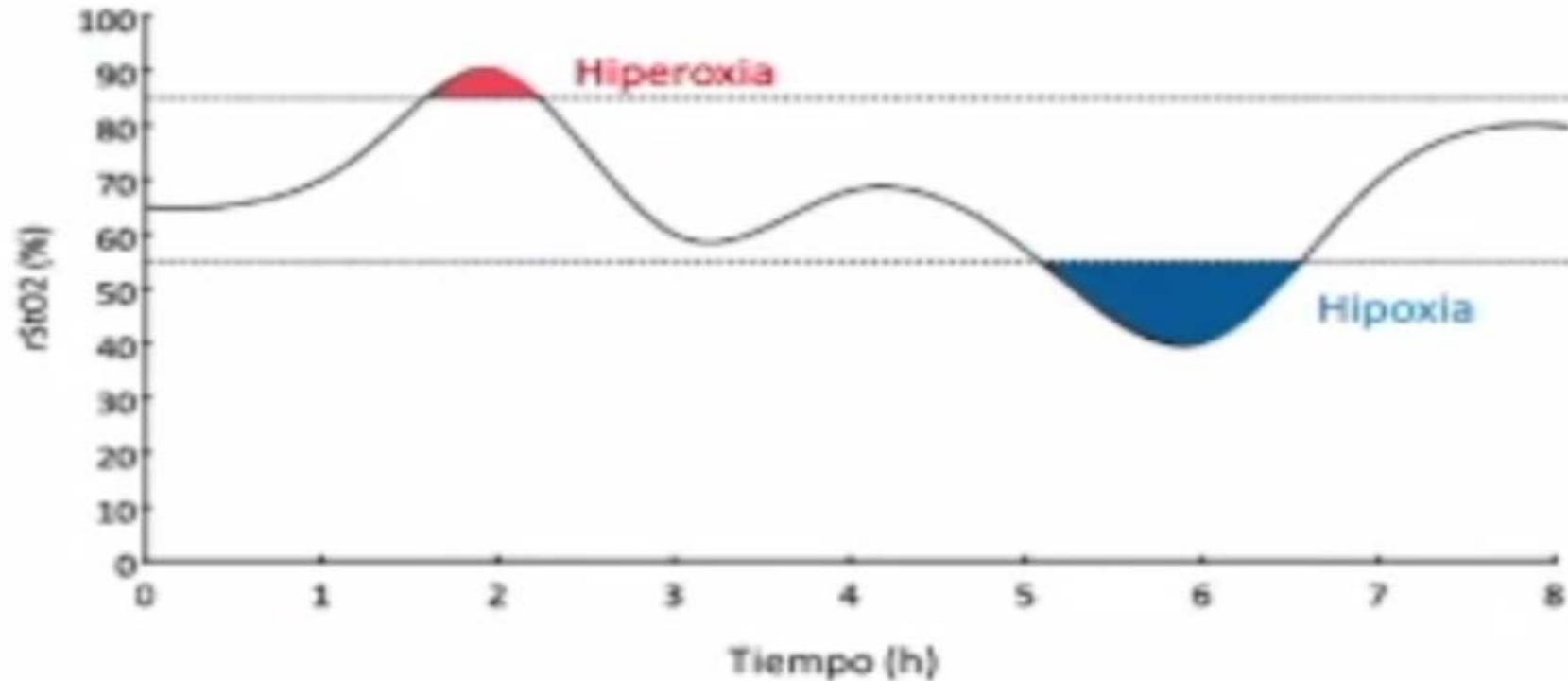
166 RN < 28 Semanas de EG – 86 con NIRS y 80 ciegos a NIRS, único criterio de exclusión fue decisión de No dar cuidados intensivos.

Intervención:

Grupo NIRS: Monitorización de cRSO₂ + guía de tratamiento 72 horas (mantener cRSO₂ entre 55 y 85%)

Grupo Control (Ciegos a cRSO₂) + cuidados standard

Resultado primario



Características basales de 2 grupos

Table 1 | Baseline characteristics of infants. Values are numbers (percentages) unless stated otherwise

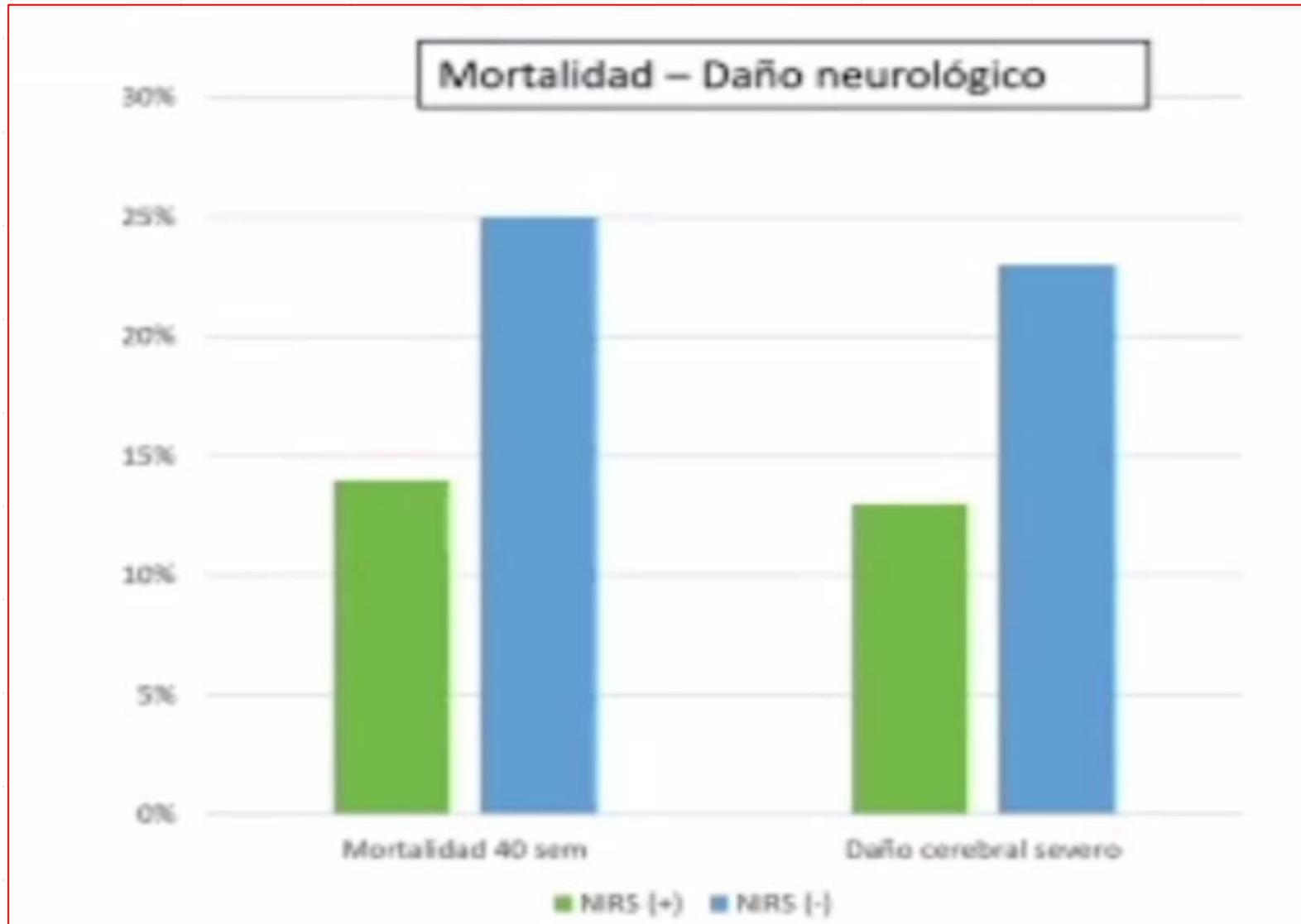
Characteristics	NIRS (n=86)	Blinded NIRS (control) (n=80)
Median (range) birth weight (g)	806 (410-1286)	880 (490-1330)
Median (interquartile range) gestational age at birth (weeks)	26.6 (25.7-27.4)	26.8 (25.5-27.6)
Gestational age <26 weeks	28 (33)	25 (31)
Male sex	44 (51)	34 (43)
Twins	20 (23)	14 (18)
Prenatal steroids (complete course)	58 (67)	56 (71)
Prolonged rupture of membranes	26 (31)	32 (40)
Maternal clinical chorioamnionitis	6 (7)	7 (9)
Apgar score ≤5 at 5 minutes	15 (18)	14 (18)
Mean (SD) umbilical arterial pH	7.33 (0.088)	7.31 (0.096)

NIRS=near infrared spectroscopy oximetry.

Resultados

Table 2| Outcome measures. Values are number affected/number in group (percentage) unless stated otherwise

Outcomes	NIRS (n=86)	Blinded NIRS (control) (n=80)	Relative change in % (95% CI)	Adjusted relative risk (95% CI)	Adjusted P value (unadjusted)
Primary					
Median (interquartile range) burden of hypoxia and hyperoxia (%hours)	36.1 (9.2-79.5)	81.3 (38.5-181.3) (n=78)	-58 (-35 to -74)	NA	<0.001*
Secondary					
All cause mortality at term	12/86 (14)	20/80 (25)	NA	0.50 (0.29 to 1.00)	0.10 (0.049)
Brain injury on cerebral ultrasonography:					
None	21/80 (26)	26/77 (34)	NA	—	0.11 (0.053)
Mild-moderate	49/80 (61)	33/77 (43)	NA	—	
Severe	10/80 (13)	18/77 (23)	NA	—	
Exploratory					
Median (interquartile range) burden of hypoxia (%hours)	16.6 (5.4-68.1)	53.6 (17.4-171.3) (n=78)	-58 (-24 to -76)	NA	0.0012*
Mean (SD) burden of hyperoxia (%hours)	1.2 (0.3-9.6)	1.1 (0.1-23.4) (n=78)	1 (-35 to 194)	NA	0.98*
Necrotising enterocolitis†	9/86 (11)	10/80 (13)	NA	0.83 (0.33 to 1.94)	0.69
Bronchopulmonary dysplasia‡	41/72 (57)	28/60 (47)	NA	1.27 (0.94 to 1.50)	0.20
Retinopathy of prematurity§	14/86 (16)	8/80 (10)	NA	1.64 (0.75 to 3.00)	0.20



Safe BoosC III. NCT03770741. (Jun 2019 a Dic 2021) culminó fase de reclutamiento.

Objetivo: Examinar beneficios y riesgos de tratamiento basado en la monitorización NIRS en comparación con tratamiento habitual, en reducir la hipoxia cerebral durante las primeras 72 horas de vida en prematuros extremos.

La hipótesis es que tratamiento basado en monitoreo NIRS disminuirá el resultado compuesto de “lesión cerebral severa o muerte” a las 36 semanas de edad posmenstrual.

N= 1600 RN < 28 semanas de EG, Randomización 1:1

Intervención:

Grupo NIRS: Monitorización de cRSO₂ + Guía de tratamiento 72 horas (mantener cRSO₂ sobre 55%)

Grupo Control: Cuidados y monitorización estándar

Low Cerebral Oxigenation in Preterm Infants is Associated with Adverse Neurodevelopmental Outcome

Objetivo: Evaluar si los niveles altos y bajos de oxigenación cerebral (ScO₂) en RN < 32 sem de gestación se asociaron con resultados adversos a largo plazo.

Diseño: Estudio cohorte observacional, RN prematuros < 32 sem

Hospital de Niños Wilhelmina, Países Bajos, abril e 2006 y abril de 2013.

El rScO₂ fue monitoreado continuamente 72 hrs después del nacimiento

El outcome fue evaluado a los 15 y 24 meses de edad corregido

Se definió como outcome compuesto desfavorable como score 1DS bajo el promedio del puntaje cognitivo o muerte

Se exploraron varios umbrales de rScO₂ (de 5% partiendo desde 90% en limite alto y 30% en limite bajo)

Resultados

- ❖ 734 niños fueron elegibles para análisis
- ❖ 60 de los cuales fallecieron
- ❖ Asociación con resultado cognitivo desfavorable en análisis multivariado se asocio con tiempo **rScO₂ < 55% y - 1.5 DS**
- ❖ OR de 1.4 (IC 1.1 – 1.7) para el 20 % del tiempo por debajo de cualquier umbral
- ❖ Resultados a los 15 meses fueron comparables con 24 meses
- ❖ Los resultados no fueron significativos para los umbrales altos de rScO₂.

Low Cerebral Oxigenation in Preterm Infants is Associated with Adverse Neurodevelopmental Outcome

Conclusiones:

- Los valores bajos y no los altos de rScO₂ se asociaron con resultado cognitivo desfavorable.
- Esto sugiere el uso de un umbral de rScO₂ < 55% para futuros estudios clínicos.

Is low cerebral near infrared spectroscopy oximetry associated with neurodevelopment of preterm infants without brain injury

Objetivos: Evaluar asociación entre (rSO₂) baja y neurodesarrollo en recién nacidos prematuros clasificados como sin daño cerebral (NLC)

Método: Revisión retrospectiva de datos de monitorización rScO₂ los primeros 3 días de vida de RN con EG < 28 semanas o peso al nacer < 1000 gr con y sin lesión cerebral.

Lesión cerebral (LC): hemorragia intraventricular, leucomalacia periventricular quística o hemorragia cerebelosa.

Se utilizaron análisis univariado y multivariado para estudiar la asociación de rScO₂ <55% durante más de 10 horas en los primeros 3 días de vida (NIRS <55%>10H) y neurodesarrollo a los 24 meses.

Is low cerebral near infrared spectroscopy oximetry associated with neurodevelopment of preterm infants without brain injury

Resultados: N= 185. 31% LC y 69% NLC.

Los RN LC tuvieron EG menor y mayor incidencia de complicaciones de la prematuridad.

La rScO₂ media en 72 horas de vida fue significativamente menor en LC (62± 7 vs. 67 ± 8, -5 puntos, p<0.001).

NIRS < 55% >10H en paciente NLC se asocio negativamente con puntajes de desarrollo neurologico tanto en análisis univariable como en multivariado (p<0.05)

RN NLC con NIRS<55%>10H tenían una oxigenación sistémica mas baja que sus contrapartes con rScO₂ <55% durante menos de 10H n (93 ± 1 vs, 94 ± 2, - 1 punto, p=0.012)

Is low cerebral near infrared spectroscopy oximetry associated with neurodevelopment of preterm infants without brain injury

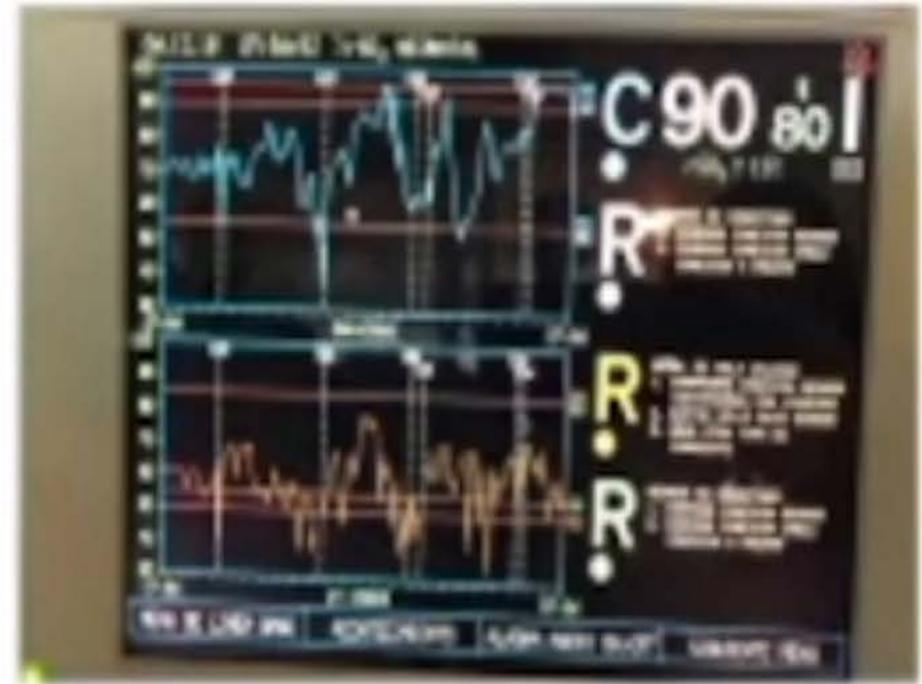
Table 2: Univariate analysis for COG, MOT and LANG scores at 24 months corrected age in NBI patients.

	COG	MOT	LANG
LOS	-0.158 (p=0.076)	-	-
BPD	-0.266 (p=0.002)	-0.274 (p=0.002)	-0.200 (p=0.085)
NIRS<55% ^{>10h}	-0.373 (p<0.001)	-0.350 (p<0.001)	-0.382 (p=0.001)

Pearson correlation analysis was used for the statistical analysis. Statistical significance was set up at p<0.1; BPD, bronchopulmonary dysplasia; NIRS<55%^{>10h}, rScO₂<55% for more than 10 h in the first 3 days of life; LOS, late onset sepsis.

Conclusiones: NIRS < 55% > 10H resultado ser predictor del neurodesarrollo a los 24 meses en RN prematuros NLC y se asocio con valores bajos de saturación sistémica.

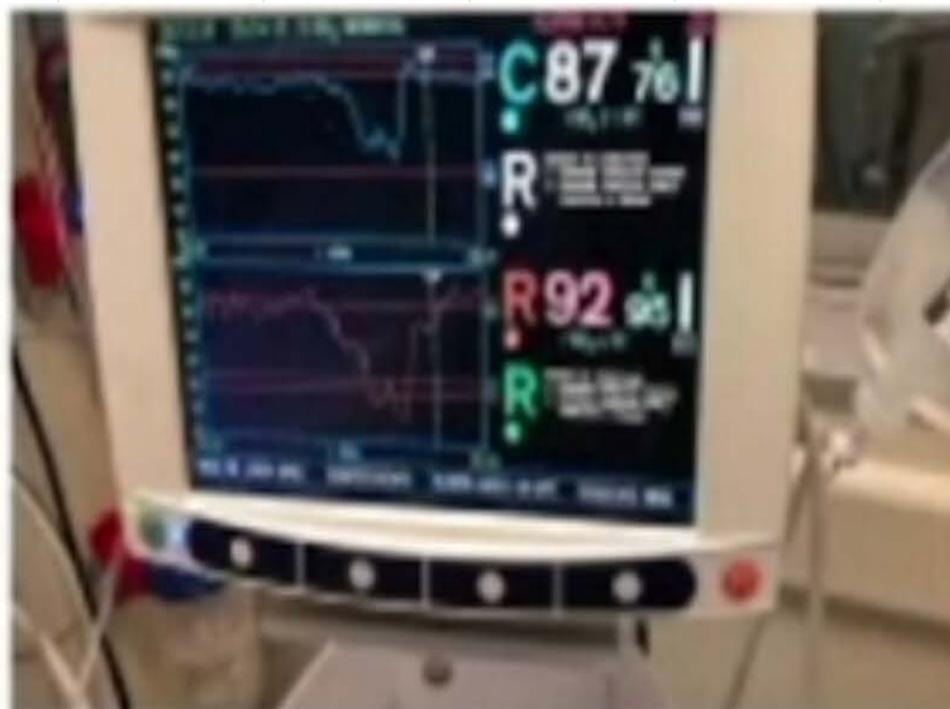
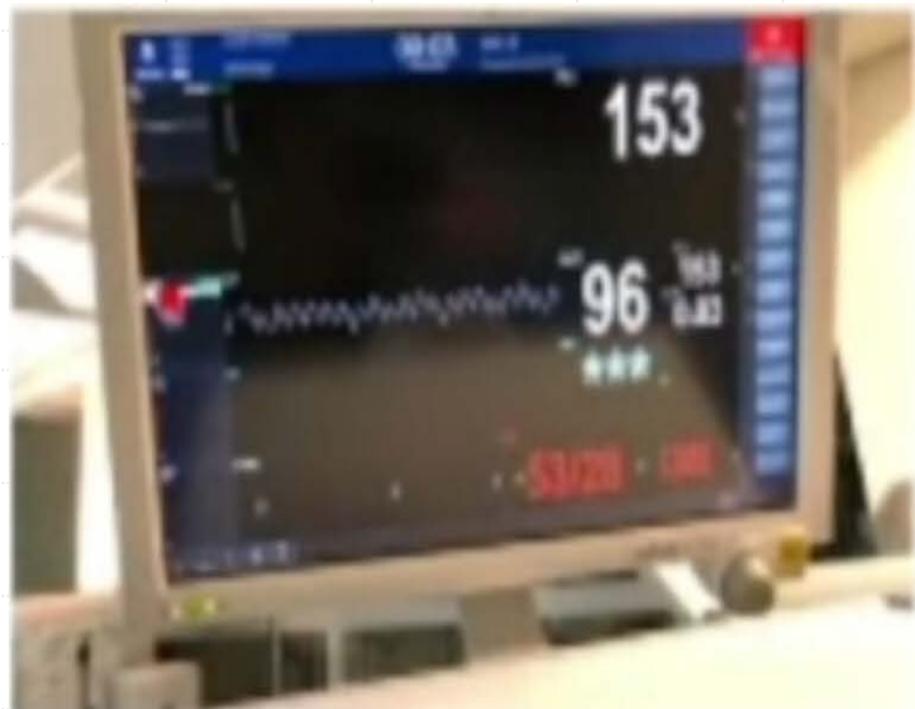
CASO CLÍNICO: SEPSIS E INESTABILIDAD HEMODINÁMICA



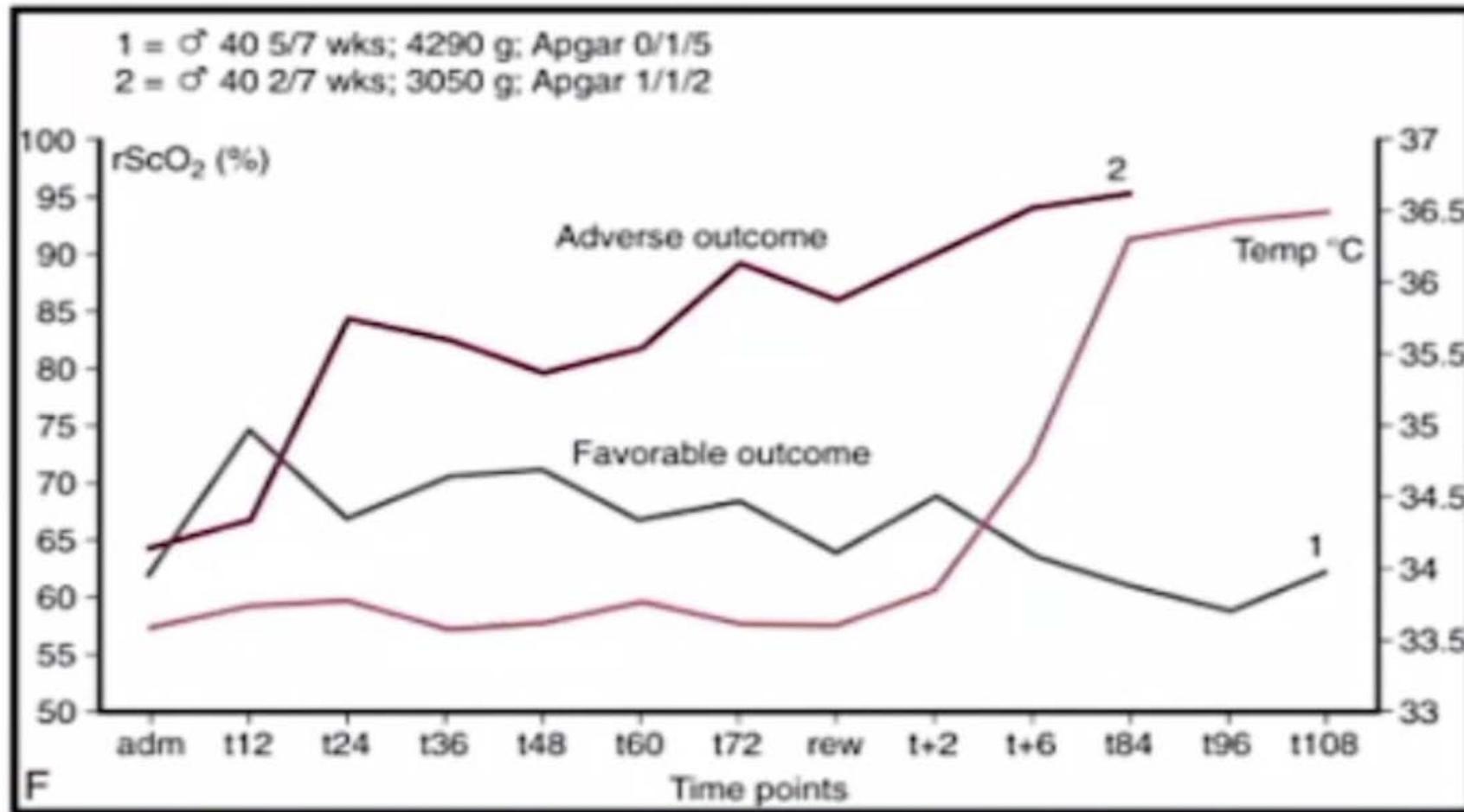
Autorregulación cerebral frente a apnea y desaturación



RN con apnea significativa



Asfixia - Hipotermia y Oxigenación cerebral



Asfixia – Hipotermia y Oxigenación cerebral

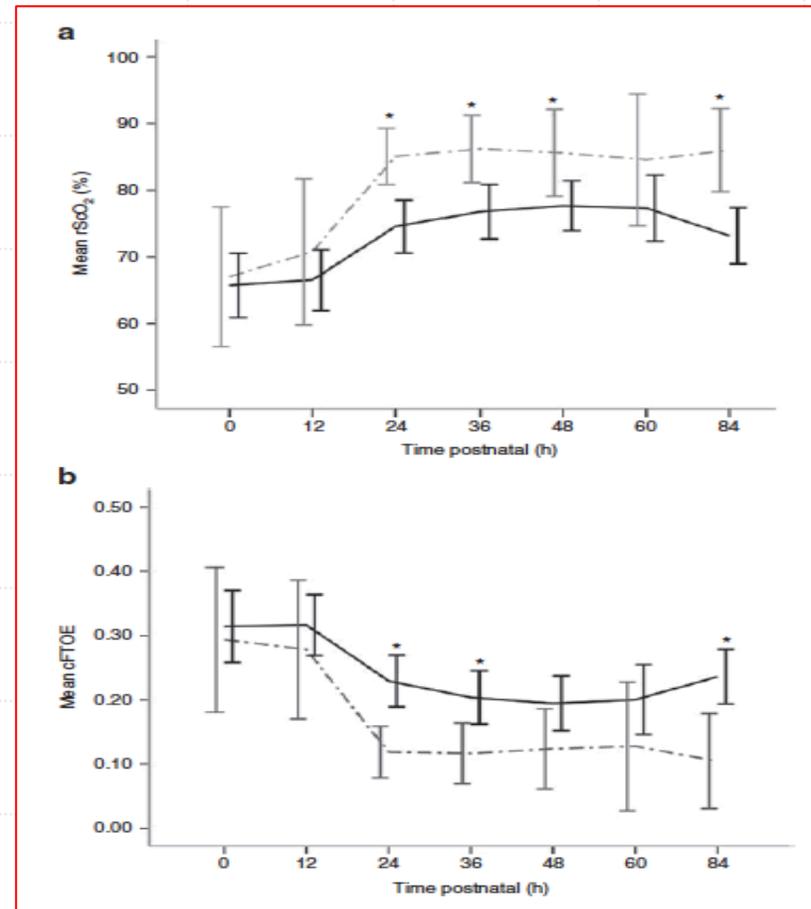
N = 39

Seguimiento a 2 años

Outcome favorable 26

Outcome desfavorable 13

CONCLUSION: durante hipotermia ,
rScO₂ y aEEG son predictores precoces
de outcome a los 2 años en EHI.
Combinacion de ambos mejora VPP (70
– 91%) y VPN (90 – 100%)



NIRS Cerebral y Somático

Monitorización de oxigenación **cerebral** con NIRS ha ganado terreno al detectar asociación de valores bajos de rSO_2 cerebral con lesiones cerebrales (HPIV y lesiones de sustancia blanca) y alteraciones del neurodesarrollo

Las mediciones de oxigenación **somática** con NIRS, han mostrado que descenso de saturación regional somática pueden ser signo precoz de compromiso circulatorio.

NIRS somático (renal y esplánico)

- Low Renal O2 Saturation (NIRS) the 1st day of life is associated with AKI in very preterm infants, Bonsante F, Neonatology. (2019)
- Abdominal NIRS measurements are lower in preterm infants at risk for NEC, Patel AK, Pediatr Crit Care Med. (2014)
- NIRS to Predict the course of NEC, Schat TE, PLoS ONE. (2016)
- Feeding preterm infants during red blood cell transfusion associated with a decline in postprandial mesenteric oxygenation, Marin T, J Pediatr. (2014)
- Effect on splanchnic oxygenation of breast milk, fortified breast milk and formula milk in preterm infants, Dani C, Pediatr Res. (2020)
- NIRS measurements of splanchnic tissue oxygenation during continuous vs intermittent feeding method in preterm infants, Dani C, J Pediatr Nutr. (2013)

rSO₂ (Saturación regional)

- Principal determinante es **flujo sanguíneo** al tejido evaluado (perfusión tisular) → **ECOCARDIOGRAFIA FUNCIONAL, ECOGRAFIA CEREBRAL, POCUS...**
- Contenido de O₂
- SapO₂ → **Monitor SpaO₂, GSA, evaluar parámetros de VM**
- Concentración de Hb → **Hemograma, Hb**
- Gasto metabólico tisular (Consumo de O₂) → **Fiebre, Dolor, Convulsiones, Glicemia ...**
- Contribución relativa de sangre venosa y arterial al tejido
- Autorregulación → **GSA (pCO₂)**

Conclusiones NIRS en Neonatología

Método no invasivo de monitorización de oxigenación tisular

Al lado del paciente y en tiempo real

Se puede utilizar en protocolos como un elemento más dentro de la monitorización hemodinámica clínica

Actualmente se considera normal crSO₂: 55 % (límite bajo) a 85% (límite alto)

Variaciones de más de 20% del valor en un paciente que se encontraba estable también es signo de cambio en perfusión/oxigenación que amerita estudio (importancia de tendencias)

NIRS se complementa a monitorización funcional, evaluación clínica, ecocardiografía funcional; entre otros para alcanzar un diagnóstico que permita entregar una terapia racional e individualizada.

