



I CONGRESSO
INTERNACIONAL DE
NEONATOLOGIA
DO DF

O NIRS pode ajudar no
manejo do RN cardiopata?

Realização:



INSTITUTO DE PESQUISAS EM NEONATOLOGIA
PAULO ROBERTO MARGOTTO

Gabriel Variane

www.paulomargotto.com.br

Brasília, 1 de dezembro de 2022

Declaração de Conflito de Interesses

- Declaro que fundador presidente da PBSF – Protegendo Cérebros, Salvando Futuros

Plano da apresentação

1. Introdução
2. Desafios em monitoramento de pacientes críticos
3. Racional para uso NIRS nesta população
4. Uso de NIRS no manejo do paciente com cardiopatia congênita
 1. Pré-operatório
 2. Intra-operatório
 3. Pós-operatório
5. Uso de NIRS e PCA

Introdução

- Os avanços no manejo clínico e cirúrgico do paciente com cardiopatia congênita crítica reduziram de forma significativa a mortalidade;
- Entretanto, alterações no neurodesenvolvimento são comuns em sobreviventes;



Levy et al, *Ped Res.* (2021)

Introdução

Racional:

- Embora multifatoriais em etiologia, mecanismos de lesão cerebral podem ser mitigados com a melhora do monitoramento e cuidado crítico perioperatório.
- Ferramentas mais precisas de monitoramento podem melhorar a compreensão da fisiologia cerebral, com intuito final de desenvolver estratégias de manejo para a prevenção de lesões neurológicas.

Um questionamento:

- Sinais vitais dentro da normalidade representam adequada evidencia de segurança ao paciente?

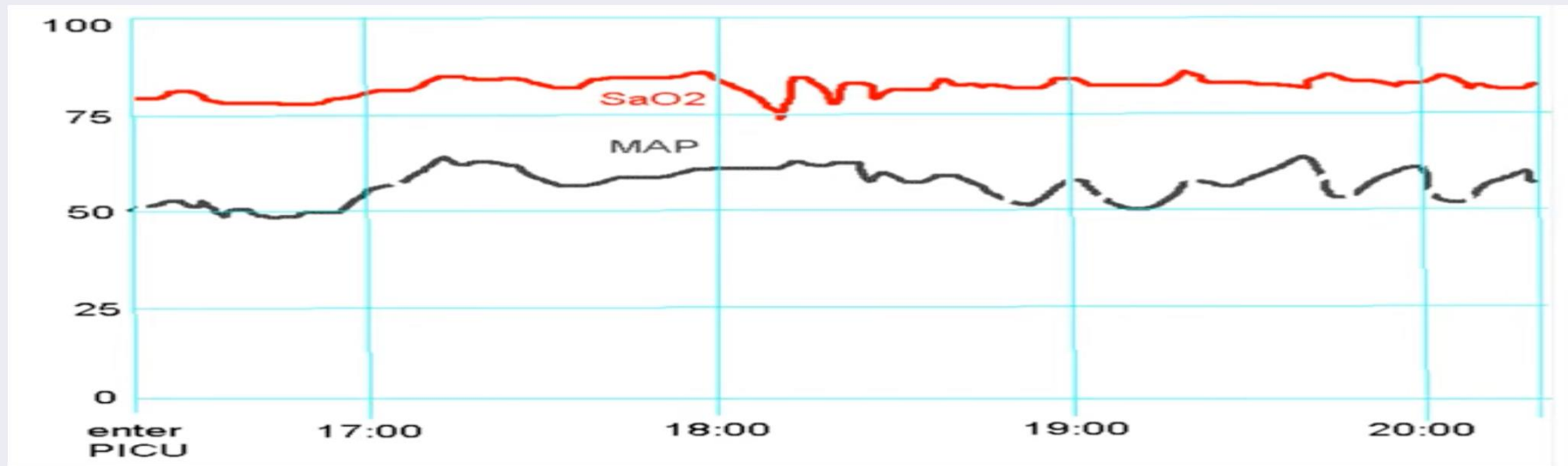


Sinais vitais dentro da normalidade representam adequada evidencia de segurança ao paciente?

- Isquemia tecicual occulta pode ocorrer na presença de disfunção circulatória “silenciosa”;
- PA sustentada as custas de vasoconstrição não significa adequada perfusão tecicual;
- Ausência de hipotensão ou queda de SpO2 não significa normalidade

Caso Clínico

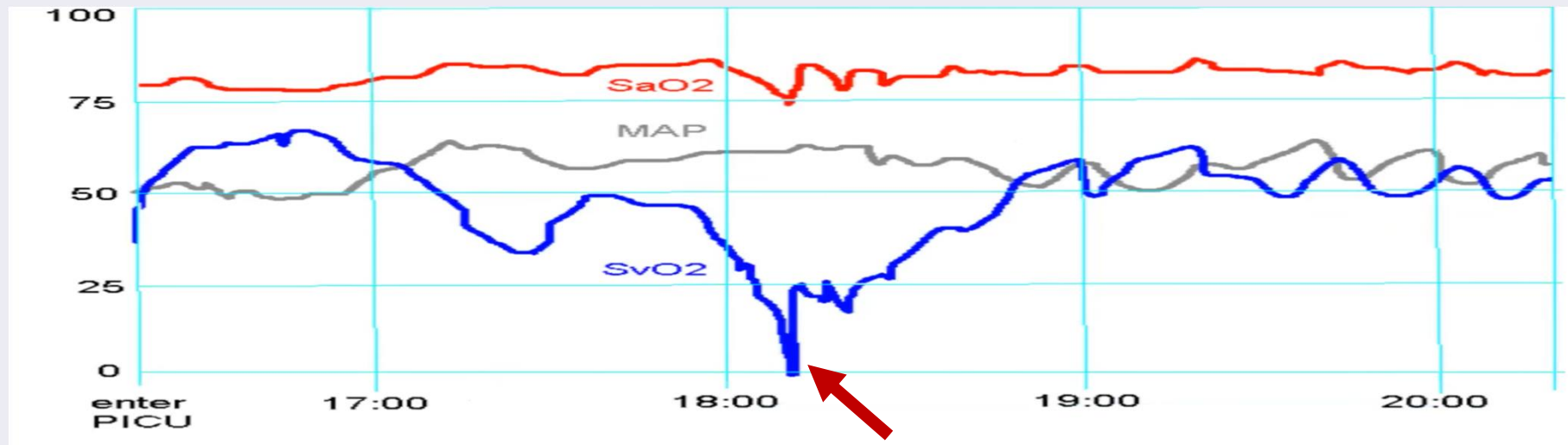
- Paciente Pediátrico em Pós-Operatório de Cirurgia Cardíaca
- Apesar de sinais “estáveis”, o colapso cardiovascular em pacientes críticos podem ocorrer de forma súbita



Este paciente não apresentava sinais clínicos alarmantes (SpO2, MAP, ECG estáveis)

Caso Clínico

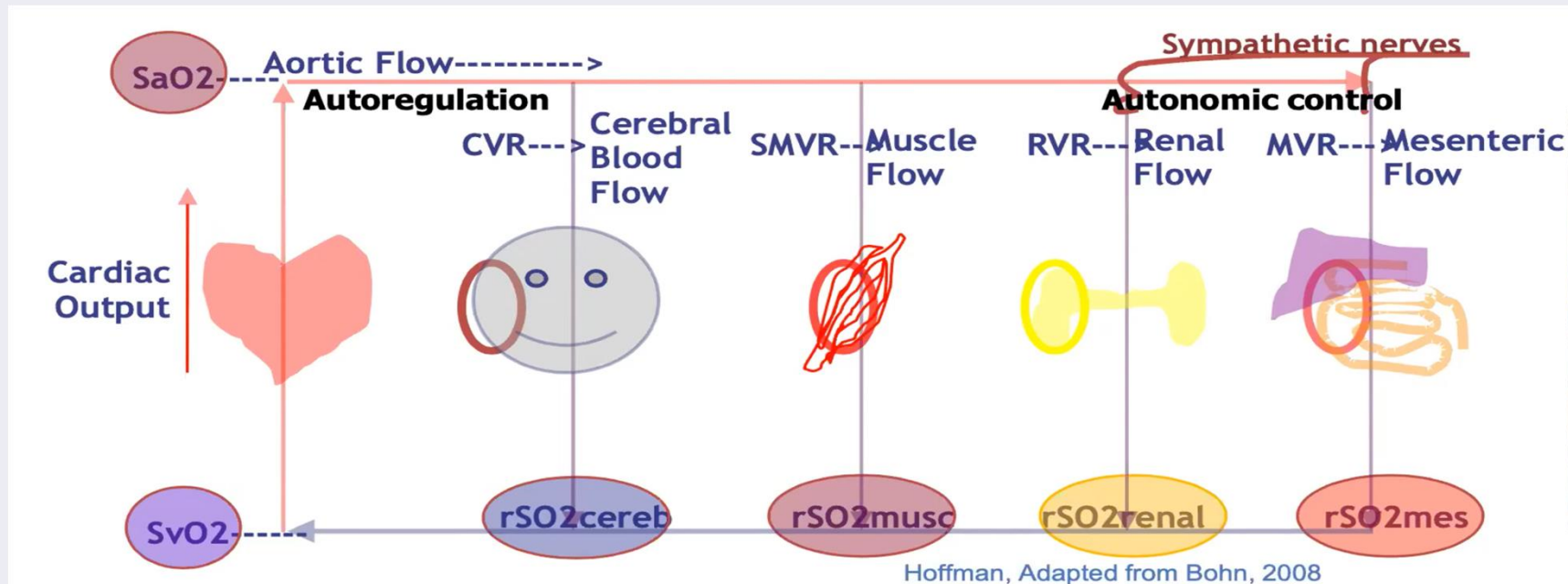
- Se incluirmos parâmetros adicionais:
 - A **saturação venosa mista de oxigênio (SvO₂)** avaliada através de amostra de sangue coletado em cateter na artéria pulmonar
 - Mede a porcentagem de oxihemoglobina presente no sangue venoso e reflete a relação entre oferta e demanda de oxigênio tecidual global
 - Neste caso a SvO₂ proveu informações sobre alterações de oxigenação tecidual



Deterioração Clínica pode ser evitada com diagnóstico precoce

Limitação de SvO2

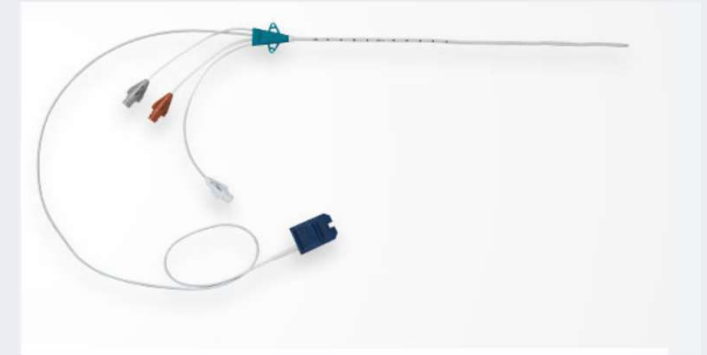
- SvO2 infere a uma medida média da oxigenação/consumo tecidual de múltiplos órgãos;
- Entretanto, há heterogeneidade de fluxo / consumo de oxigênio em diferentes tecidos;
- Em pacientes com cardiopatia esta avaliação é ainda mais complexa.



Qual seria uma estratégia mais adequada para avaliar oxigenação / consumo em órgão alvo?

- SvO₂:

- Invasiva, tecnicamente mais difícil
- Risco de infecção, sangramento, trombose
- Duração limitada de monitoramento
- Não representa o status de órgãos específicos



- NIRS:

- Não-invasivo, contínuo
- Pode ser utilizado por períodos prolongados
- Representa status de órgão alvo



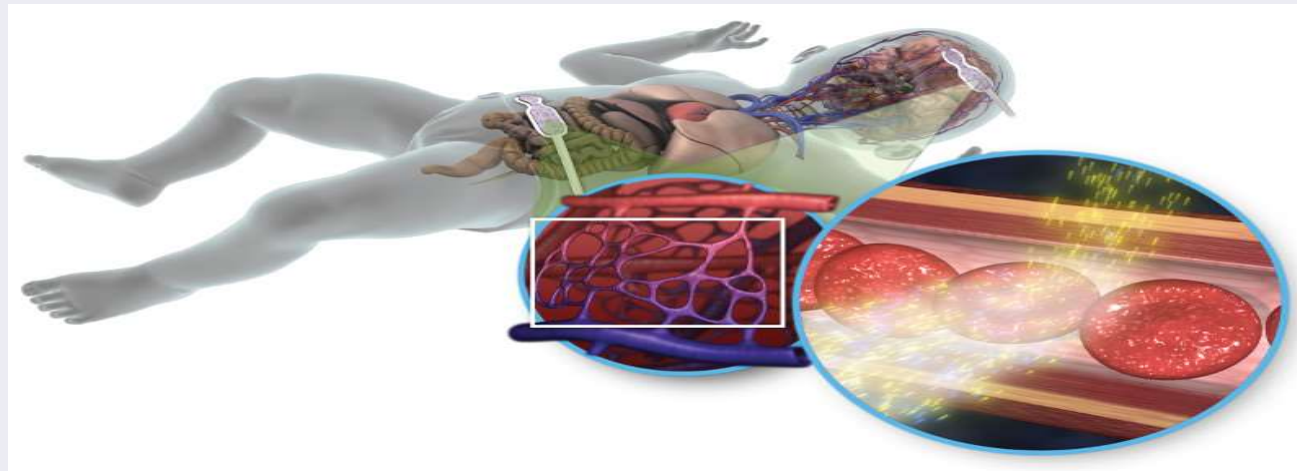
The background is a complex 3D maze with dark grey walls and a light grey floor. The maze is composed of many interconnected paths and dead ends, creating a sense of depth and complexity. A white rectangular frame is superimposed over the center of the maze, containing the text.

Mas o que é o NIRS?

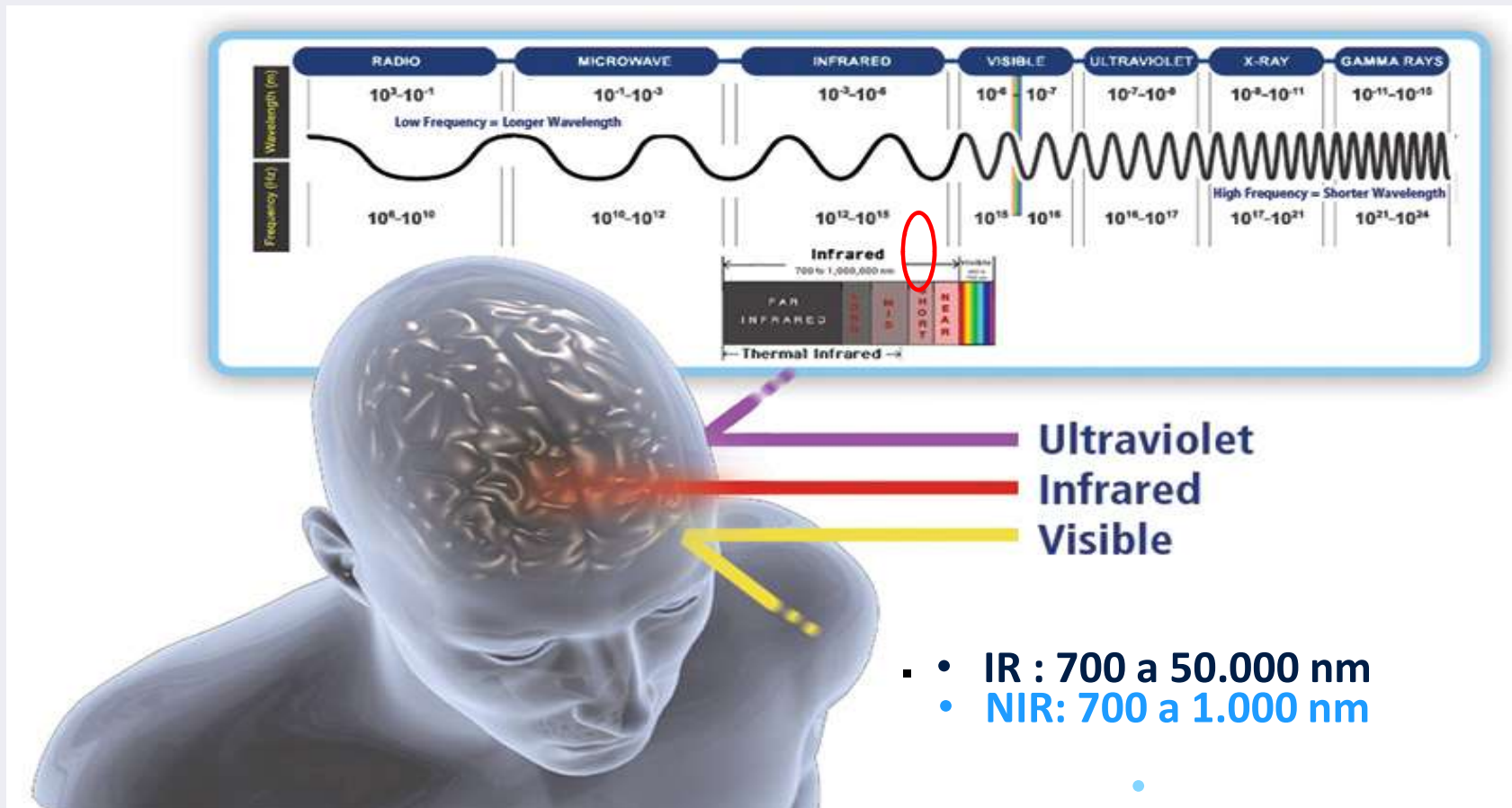
NIRS

Introduzido em 1977 (Jobsis). Em RN, em 1985 (Brazy).

Emissão de ondas de luz infravermelha, de fácil penetração pela pele e crânio, permitindo um exame não invasivo da condição hemodinâmica cerebral e de outros órgãos.



Tecnologia de leitura da saturação regional por meio da *espectroscopia por infravermelho próximo = NIRS (Near Infrared Spectroscopy)*

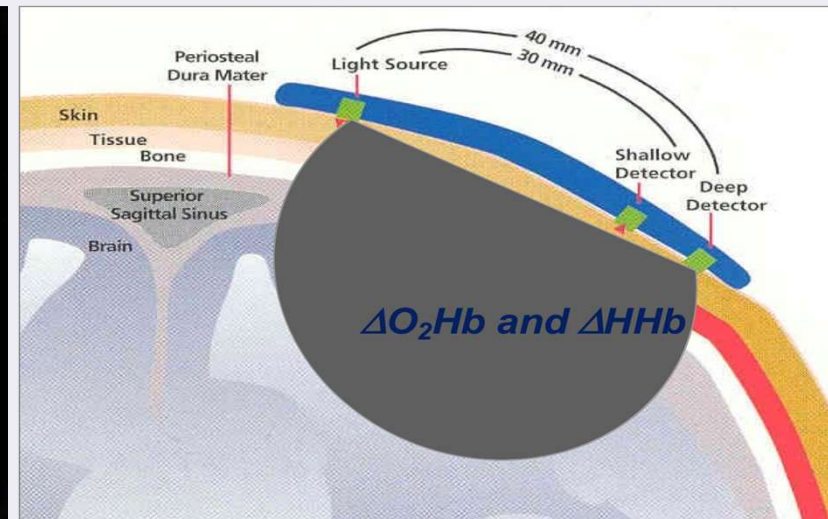
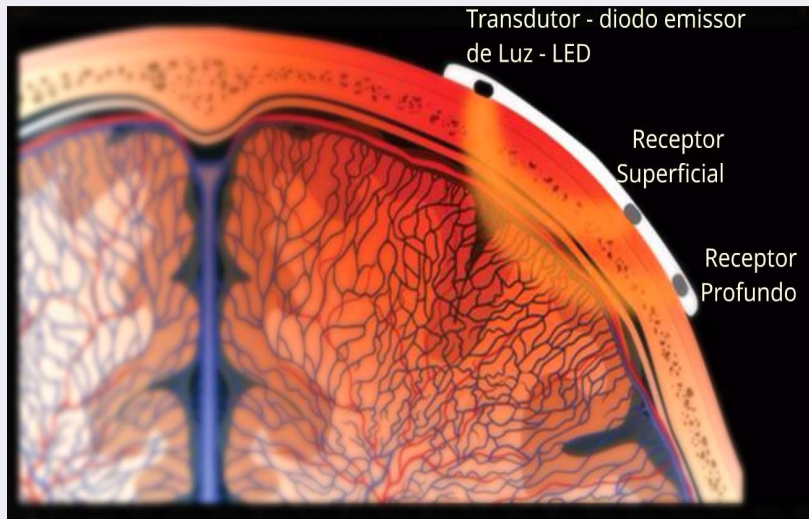


Como pode ser utilizado?

- O NIRS pode ser usado como uma técnica de monitoramento não invasivo para oxigenação cerebral e somática em tempo real.
- Os dados são obtidos a partir de leitos vasculares:
 - Cerebral, somática (renal, mesentérico)
- O NIRS funciona como uma oximetria de pulso?

Oxímetro de pulso	NIRS
Usa pulso de fluxo sanguíneo. Mensura apenas a <u>Oxihemoglobina HbO₂</u> no sangue arterial.	Usa consumo de oxigênio. Mensura a diferença entre a <u>Oxihemoglobina HbO₂</u> e a <u>Desoxihemoglobina HHb</u> no <u>tecido</u> .

Como Funciona o NIRS?



25% Sangue Arterial

75% Sangue Venoso

Onde posicionar os sensores?

Cerebral



O sensor cerebral pode ser colocado no lado direito ou esquerdo da fronte

Renal



Sensor renal no flanco posterior abaixo da margem costal e acima da crista ilíaca (T10-L2)



O sensor é colocado na região infra-umbilical na linha média.

O que o NIRS reflete?

• BALANÇO entre oferta e demanda de O₂ mensurado localmente.

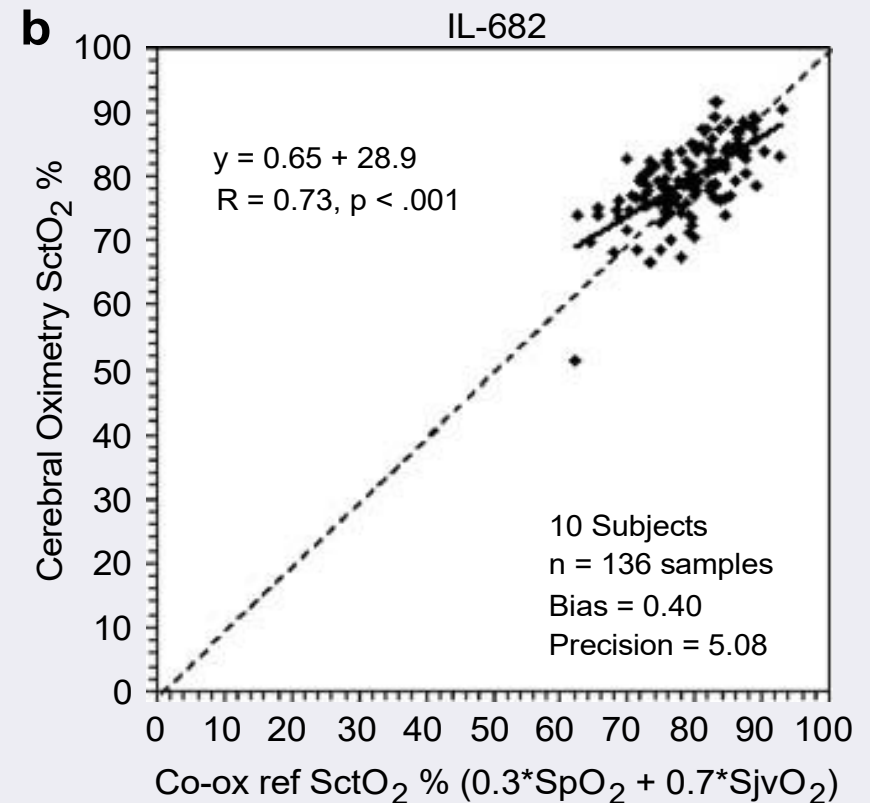
- rSO₂ **umenta** com **maior oferta** ou **menor demanda de O₂**.
- rSO₂ **diminui** quando a **oferta cai** ou **umenta a demanda**
- O fornecimento de oxigênio é influenciado por:
 - Saturação de oxigênio
 - Nível de hemoglobina
 - Débito cardíaco e pressão arterial
 - Hipo / hipercapnia
- ↑ Demanda de oxigênio:
 - febre, infecção, convulsões, dor
- ↓ Demanda de oxigênio:
 - hipotermia, sedação / paralisia, lesão cerebral grave, hipoglicemia severa



Validação de medidas de oximetria cerebral

Estudos validaram as medidas de oximetria cerebral com saturação cerebral de oxigênio de sangue coletado de cateter cefálico em bulbo de veia jugular interna em neonatos em ECMO

Resultados: Autores encontraram um alto nível de concordância entre a oximetria cerebral e a co-oximetria medida pela saturação venosa jugular.



Quais são os valores normais????



Valores normais de NIRS em recém-nascidos

rSO2	Termo	Pretermo
Cerebral (%)	66-89	66-83
Renal (%)	75-97	64-87
Mesenterico (%)	63-87	32-66

Os valores diferem por tipo de sensor com sensores neonatais com uma leitura 10% maior

Mais importante que o valor absoluto é a tendência

Alderliesten T, et al. *Ped Res* (2016)
 Bernal JP, et al. *J Pediatr Surg* (2010)
 McNeil S, et al. *J Perinatol* (2011)
 Verhagen EA, et al. *Acta Paediatrica* (2007)
 Grossauer K, et al. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* (2007)

Alvo de rScO₂

N=999



Dix *et al.*, *Pediatr Res* (2014);
Alderliesten *et al.*, *Pediatr Res* 2015

Quais valores de $rScO_2$ prejudicam o cérebro?

- Pacientes prematuros com persistência de canal arterial apresentam menor $rScO_2$ e isto está associado a menor volume cerebral quando comparados a controles quando:

$rScO_2 < 50\%$ Lemmers P *et al.*, *Pediatrics*, 2016

- Frequente lesão cerebral é identificada ressonância magnética em crianças com síndrome do coração esquerdo hipoplásico (SCEH) quando:

$rScO_2 < 45\%$ for > 180 minutos Dent C *et al.*, *J Thorac Cardiovasc Surg* 2002

- Alterações funcionais descrita em leitões recém-nascidos quando

$rScO_2$ entre 33-44% Kurth, *Ped Res* 2007

- Achados de lesão cerebral em ressonância magnética de leitões recém-nascidos quando:

$rScO_2 < 40\%$ Kusaka T, *Ped Res* 2009

Os valores mudam em pacientes com cardiopatia?

- Em pacientes com cardiopatia congênita a rScO₂ tende a ser menor do que a encontrada em crianças saudáveis e a diferença pode ser explicada por fatores anatômicos e fisiológicos.
- Em crianças com cardiopatia congênita e hipoxemia crônica adequadamente compensada (saturação arterial de oxigênio [SaO₂] <90%), são descritos valores de ScO₂ de 69% +/- 6%.
- Pacientes com rScO₂ menor do que as faixas normais devem ser vistos fisiologicamente como tendo uma linha de base anormal
 - associação à lesão cerebral em estudos prévios.

O que fazer se o rScO₂ estiver anormal?

- *Quando rScO₂ está baixa (<55%) → Observar possível:*
 - Hipoxemia (aumentar FiO₂)
 - pCO₂ baixo (alterar ventilação)
 - PCA / cardiopatia com repercussão (considerar intervenção)
 - Hipotensão (medicação inotrópica)
 - Anemia (transfundir)
- *Quando rScO₂ está alta (>85%) → Observar possível:*
 - Hiperoxia (reduzir FiO₂)
 - pCO₂ alto (ajustar ventilação)
 - Hipoglicemia (corrigir)
 - Lesão Cerebral Grave

Oximetria Cerebral:

- Mecanismos compensatórios de fluxo sanguíneo
- Extração de oxigênio tende a ser maior.
- **Queda de saturação cerebral é um indicador tardio de choque.**

Oximetria Somática:

- Fluxo sanguíneo tem maior variabilidade, altamente influenciado pelo tônus simpático
- Extração de oxigênio do tecido tende a ser menor.
- **A dessaturação somática é um indicador precoce de choque.**



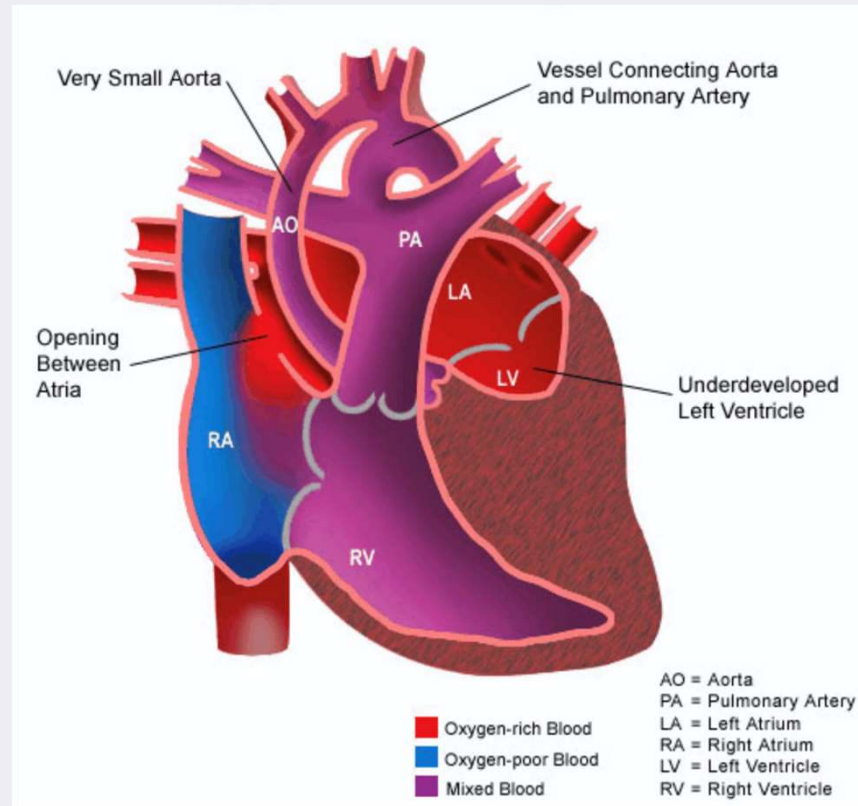
Em quais Situações o Monitoramento NIRS pode ser interessante?



1. Asfixia Perinatal
2. Instabilidade Ventilatória
3. Anemia e Transfusão Sanguínea
4. Instabilidade Hemodinâmica
5. Cardiopatia Congênita
6. Persistência do Canal Arterial
7. Enterocolite necrosante
8. Traumatismo cranio-encefálico
9. Outras situações

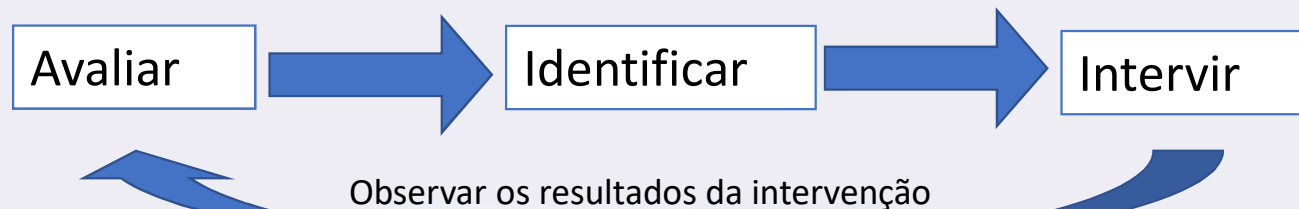


Cardiopatia Congênita



NIRS e cardiopatia congênita

- O que o monitoramento do NIRS pode nos mostrar?
 - Independentemente da oxigenação sistêmica (SpO₂), a oxigenação cerebral ou somática pode ser inadequada
 - Os valores do NIRS têm correlação precoce com outros indicadores de má perfusão sistêmica (alto lactato, perfusão periférica alterada, extremidades frias, baixa produção de urina)
- Eficácia ou necessidade de intervenções adicionais:
 - Alterações no ventilador, diuréticos, alteração na dose de PGE, necessidade de transfusão de sangue, intervenção cirúrgica precoce



NIRS em cardiopatia congênita

- A hipóxia-isquemia é reconhecida como um importante determinante da lesão cerebral adquirida nesta população:
 - conhecimento sobre a perfusão/oxigenação cerebral a partir do nascimento e o rastreamento através de cada fase perioperatória podem ser benéficos para formular estratégias de manejo.
- A avaliação perioperatória do NIRS atua como um complemento à avaliação do volume sistólico, saturação venosa central de oxigênio, PAM, SpO2 e pCO2.
- Ferramenta para intensivistas, anesthesiologists e cirurgiões.

Período Pré-Operatório

- **Estudos prévios descrevem que pacientes cardiopatia apresentam alterações precoces de rScO₂**
 - Lactentes com circulação ductal-dependente apresentam rScO₂ significativamente menor do que os controles imediatamente após o nascimento.
 - Em neonatos com síndrome do coração esquerdo hipoplásico (SCEH) e transposição das grandes artérias demonstrou-se que a rScO₂ diminui durante o período pré-operatório.
 - o tempo de cirurgia correlacionou-se com o aumento do dano adquirido da substância branca;
 - tendências lineares negativas na rScO₂ potencialmente explicam o aumento observado do dano cerebral.

Caso Clínico

- RNT, 39 sem IG
- Cianose com 24 horas de vida
- Exame físico: Sopro cardíaco importante
- Hipoxemia / Intubado

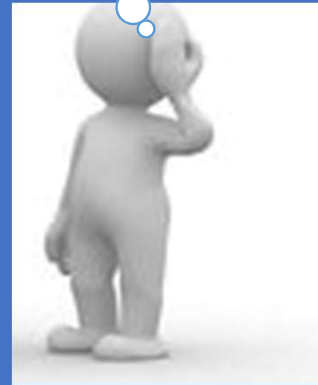


Prostin

Baixa perfusão cerebral e renal! Será cardiopatia?

C

R

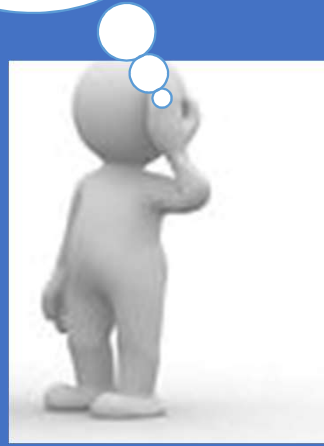




Melhor saturação renal, mas
sat Cerebral ainda baixa
Como está Ht, PAM e pCO2??

C

R



GASOMETRIA - GLICEMIA / LACTATO / ELETRÓLITOS/ HEMATÓCRITO
Amostra: Sangue
Método : I.S.E
Horario da coleta : 25/06/2017 09:47:03

RESULTADO :

- pH	7.61
:	
- pO2.....	28 mmHg
:	
- pCO2.....	21 mmHg
:	
- HCO3.....	21.1 mmol/L
:	
- BE.....	1.6 mmol/L
:	
- SatO2.....	69 %
:	
- Lactato.....	7.2mmol/L
:	
- Na.....	137 mEq/L
:	
- K.....	3.9 mEq/L
:	
- Calcio	4.17mg/dL
iónico..:	
- Glicose.....	85 mg/dL
:	
- Hematocrito....:	43 %



Redução de
parâmetros
ventilatórios

GASOMETRIA - GLICEMIA / LACTATO / ELETRÓLITOS/ HEMATÓCRITO

Amostra: Sangue

Método: I.S.E

Horario da coleta : 25/06/2017 17:55:21

RESULTADO :

- pH 7.45
:
- pO2..... 40 mmHg
:
- pCO2..... 35 mmHg
:
- HCO3..... 24.3 mmol/L
:
- BE..... 0.8 mmol/L
:
- SatO2..... 78 %
:
- Lactato..... 2.9mmol/L
:
- Na..... 138 mEq/L
:
- K..... 3.7 mEq/L
:
- Calcio iônico... 4.61mg/dL
- Glicose..... 89 mg/dL
:
- Hematocrito.....: 48 %



Intra-Operatório

- Durante o reparo cirúrgico, o NIRS pode detectar episódios de hipóxia cerebral de forma mais rápida e confiável do que o monitoramento da SpO₂.
- As mudanças esperadas na rScO₂ a partir das linhas de base pré-operatórias são resultado dos padrões fundamentais de mudança no equilíbrio de oxigênio cerebral que acompanham a anestesia, a CEC e os cuidados intensivos pós-operatórios.
- A rScO₂ pode diminuir com dessaturação arterial e instabilidade hemodinâmica e é frequentemente observada com manipulação cardíaca e canulação da cava.
- Condições de CEC, especialmente temperatura, fluxo e hematócrito, influenciarão as mudanças na rScO₂.

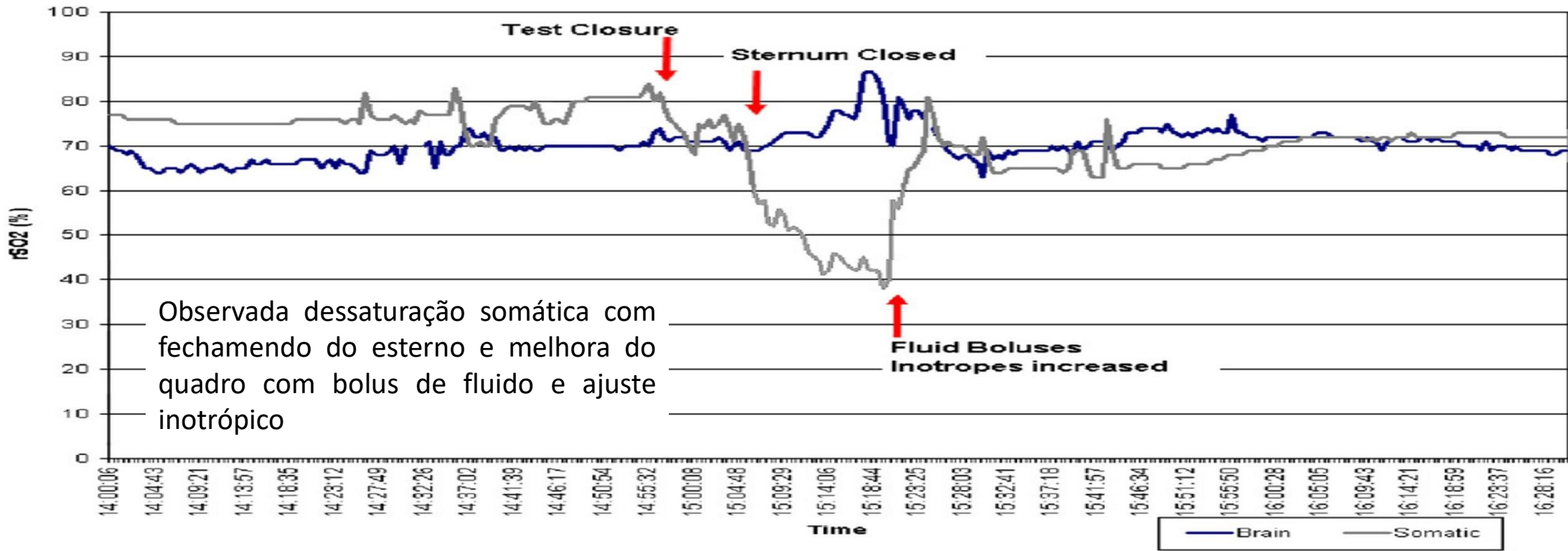
Daubenev PE, et al. Eur J Cardiothorac Surg (1998)
Kurth CD, et al. Anesthesiology (1995)

Intra-Operatório

- A mudança imediata da $rScO_2$ com a instituição da CEC é variável, o resfriamento à hipotermia moderada aumenta os valores de $rScO_2$ para a faixa de 70% a 80% e valores superiores a 85% a 90% são observados com hipotermia profunda.
- Desvios desses padrões esperados, alterações súbitas de tendência requerem a rápida avaliação e otimização da conduta da CEC.

Caso Clínico

Monitoramento NIRS em intra-operatório de SCEH:



Pós-operatório

- O período pós-operatório compreende período crítico onde o diagnóstico precoce de alterações hemodinâmicas tem o potencial de evitar o colapso cardiovascular
- No pós-operatório, os valores de rScO₂ podem variar de forma significativa, dependendo das variáveis fisiológicas.
- Representa biomarcador precoce de disfunção de oxigenação tecidual

Pós-operatório

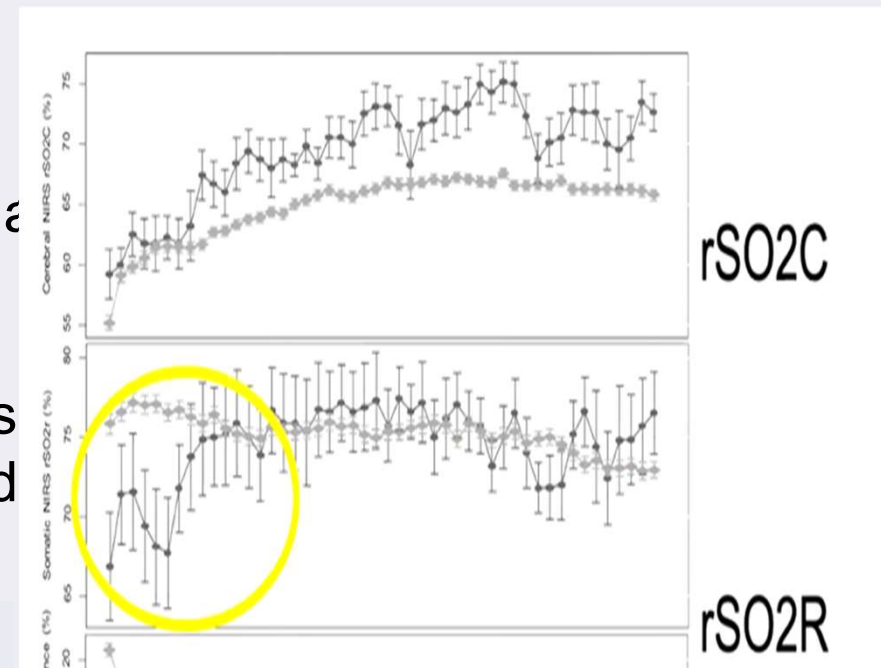
- NIRS cerebral e renal correlacionam-se com lactato sérico em crianças após cirurgia cardíaca:
 - Uma forte correlação foi encontrada entre a média de rSO₂ renal e cerebral e o desenvolvimento de acidose láctica. A rSrO₂ cerebral e renal média <65% previu um nível de lactato > 3,0 mmol
- Na população com ventrículo único neonatal foi estudada a relação entre rScO₂ e neurodesenvolvimento:
 - Uma rScO₂ média pós-operatória de 48 h <55% foi associada a um comprometimento do desenvolvimento neurológico, avaliado em idade escolar

Ann Thorac Surg. 2017 May;103(5):1527-1535. doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.09.100. Epub 2016 Dec 21.

Postoperative Cerebral and Somatic Near-Infrared Spectroscopy Saturations and Outcome in Hypoplastic Left Heart Syndrome.

Hoffman GM¹, Ghanayem NS², Scott JP³, Tweddell JS⁴, Mitchell ME³, Mussatto KA⁵.

- Coorte de 194 pacientes em pós-op de SCEH
- Maior variabilidade de NIRS renal esteve associada a maior mortalidade
- Valores mais baixos de NIRS renal (70%) dentro das primeiras 12 horas após cirurgia estiveram associados a maior mortalidade.



The background of the slide is a blurred ECG (heart rate) tracing on a grid. The grid consists of small red dots forming a regular pattern. The ECG line is black and shows several cardiac cycles with distinct P waves, QRS complexes, and T waves.

Uso de NIRS em Síndrome do Coração Esquerdo Hipoplásico

Near-infrared spectroscopy in neonates before palliation of hypoplastic left heart syndrome

Beth Ann Johnson ¹, George M Hoffman, James S Tweddell, Joseph R Cava, Mir Basir, Michael E Mitchell, Matthew C Scanlon, Kathleen A Mussatto, Nancy S Ghanayem

Hipótese: O uso pré-operatório de NIRS reduziria a necessidade de terapias invasivas, incluindo ventilação controlada e manipulação de gases inspirados.

Métodos: Revisão retrospectiva de crianças que tiveram palição de estágio 1 para SCEH de 2000-2006

Coorte histórica de 2000-2002 sem monitoramento de NIRS pré-operatório (n = 47)

A coorte NIRS de 2003 a 2006 teve medidas NIRS cerebrais e somáticas registradas (n = 45)

Resultados

	Control (n=47)	NIRS (n=45)	P value
Intubated n (%)	39 (83)	27 (60)	0.014
Inspired nitrogen, n (%)	33 (70)	7 (16)	0.001
Duration nitrogen use, hours	39 39	10 30	0.001
Arterial saturation (%)	87 4.6	91.9 4.2	0.001
Cerebral saturation (%)		68.0 5.8	
Somatic saturation (%)		70.3 5.7	

Saturação sistêmica mais alta no grupo monitorado por NIRS não foi associada a hipotensão, acidose ou piora da função renal.

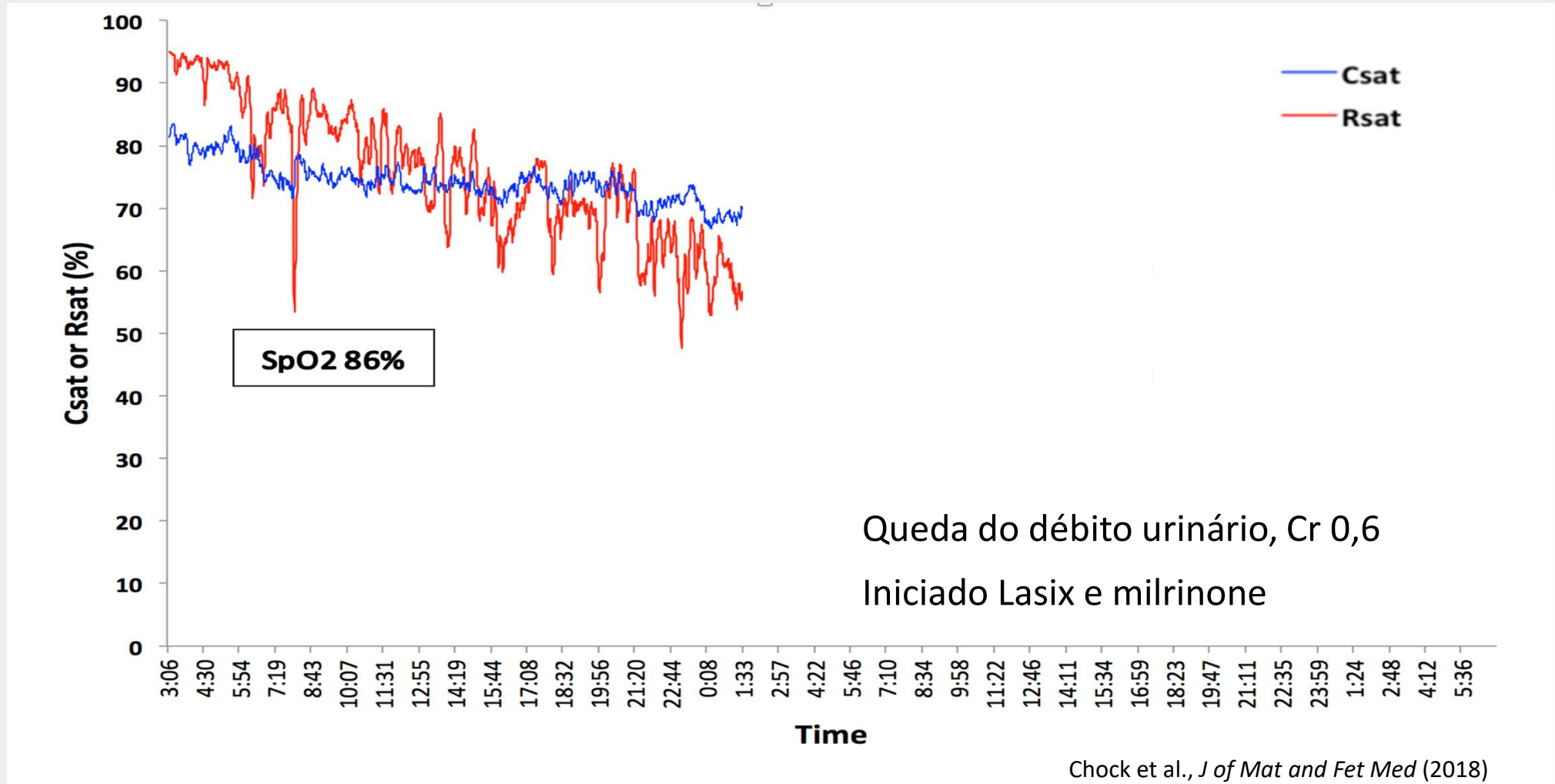
O uso rotineiro do monitoramento pré-operatório do NIRS resultou em:

- Ventilação mecânica reduzida (maior SaO₂, menor PaCO₂)
- Uso reduzido de gases inspirados

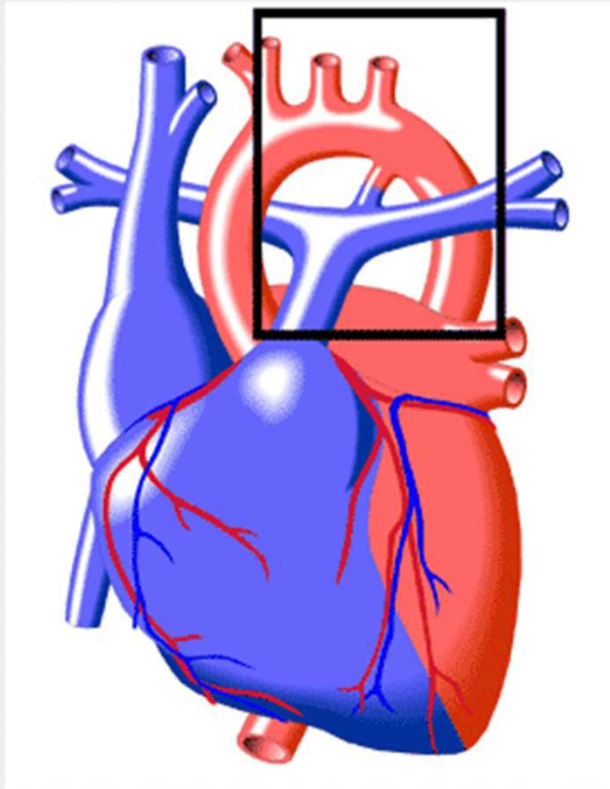
No pós-operatório:

- rScO₂ mais reduzida está associada a atrasos no neurodesenvolvimento
- Maior variabilidade de NIRS cerebral e somático está associado a maior mortalidade

RN com 3 dias de vida, IG= 31 s, com hipoplasia de coração esquerdo



NIRS e PCA



- PCA com repercussão hemodinâmica está associado com aumento do fluxo sanguíneo pulmonar e diminuição do fluxo sanguíneo sistêmico devido ao roubo ductal.
- Isto está associado com pressão arterial mais baixa, bem como diminuição da perfusão cerebral e de outros órgãos.
- O NIRS tem sido usado para estudar os efeitos cerebrais e somáticos do PCA, bem como a resposta ao tratamento médico e cirúrgico.

rScO₂ e PCA com repercussão hemodinâmica

Pediatrics. 2008 Jan;121(1):142-7. doi: 10.1542/peds.2007-0925.

Impact of patent ductus arteriosus and subsequent therapy with indomethacin on cerebral oxygenation in preterm infants.

Lemmers PM¹, Toet MC, van Bel F.

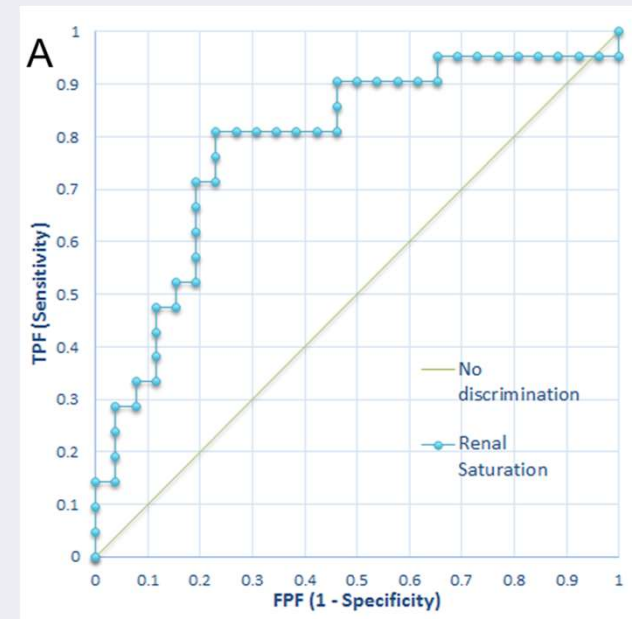
Variable	hsPDA (n= 20)	Controls (n=20)	P value
PAM (mm Hg)	33	38	<0.05
rScO ₂ Média (%)	62 9	72 10	<0.05

Em crianças com PCA, pressão arterial média e saturação cerebral foram menores em comparação com bebês controle sem PCA.

Saturação renal e PCA com repercussão hemodinâmica

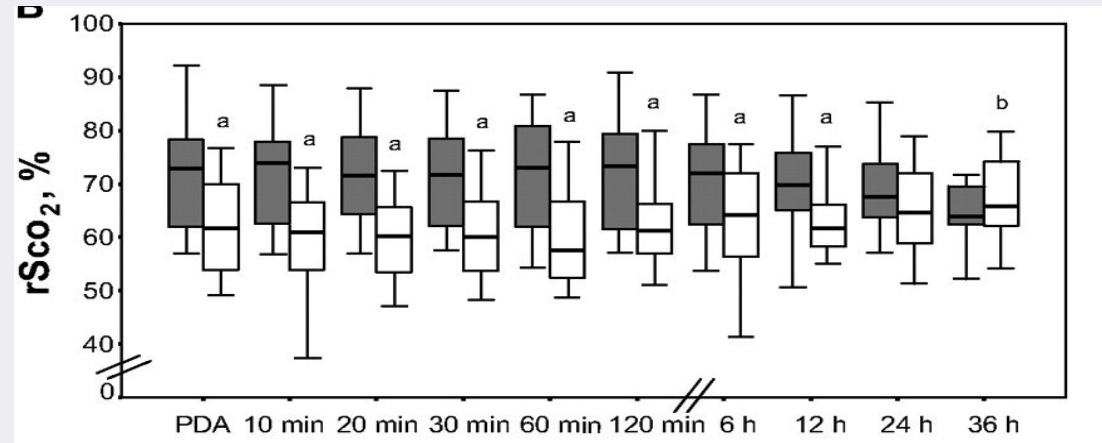
Variable	hsPDA (n=21)	No PDA (n=14)	P value
Renal saturation (%)	61.3	70.3	0.03

- Baixa saturação renal e alta variabilidade está associada a canal com repercussão hemodinâmica.
- A saturação renal <66% foi associada com PCA hemodinamicamente significativa com sensibilidade de 81% e especificidade de 77%, AUC = 0,786, ($p < 0,0001$).

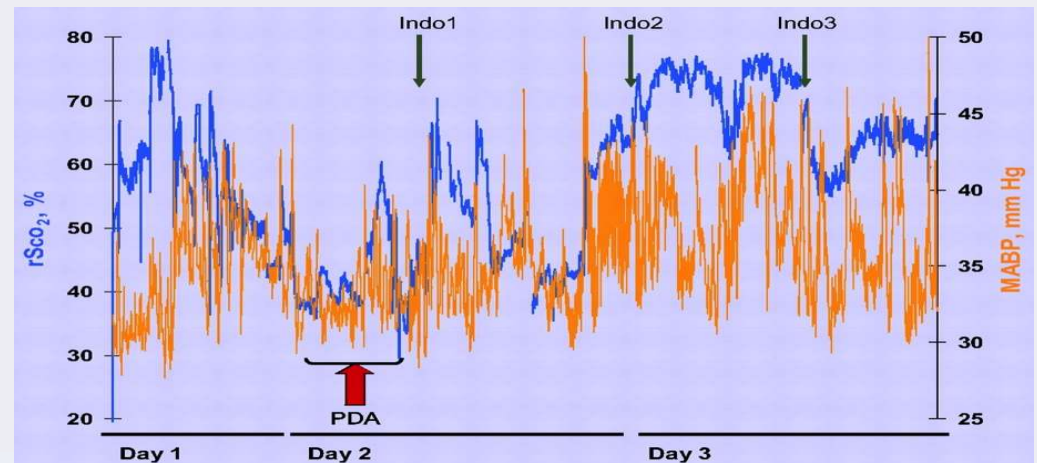


Resposta do NIRS em tratamento de PCA

- Bebês com PCA (barras brancas) e controles (barras escuras).
- O rScO₂ retornou aos valores normais após o tratamento.



Ex: A saturação cerebral (azul) esta inicialmente baixa (D2) e aumenta após uso de indometacina.

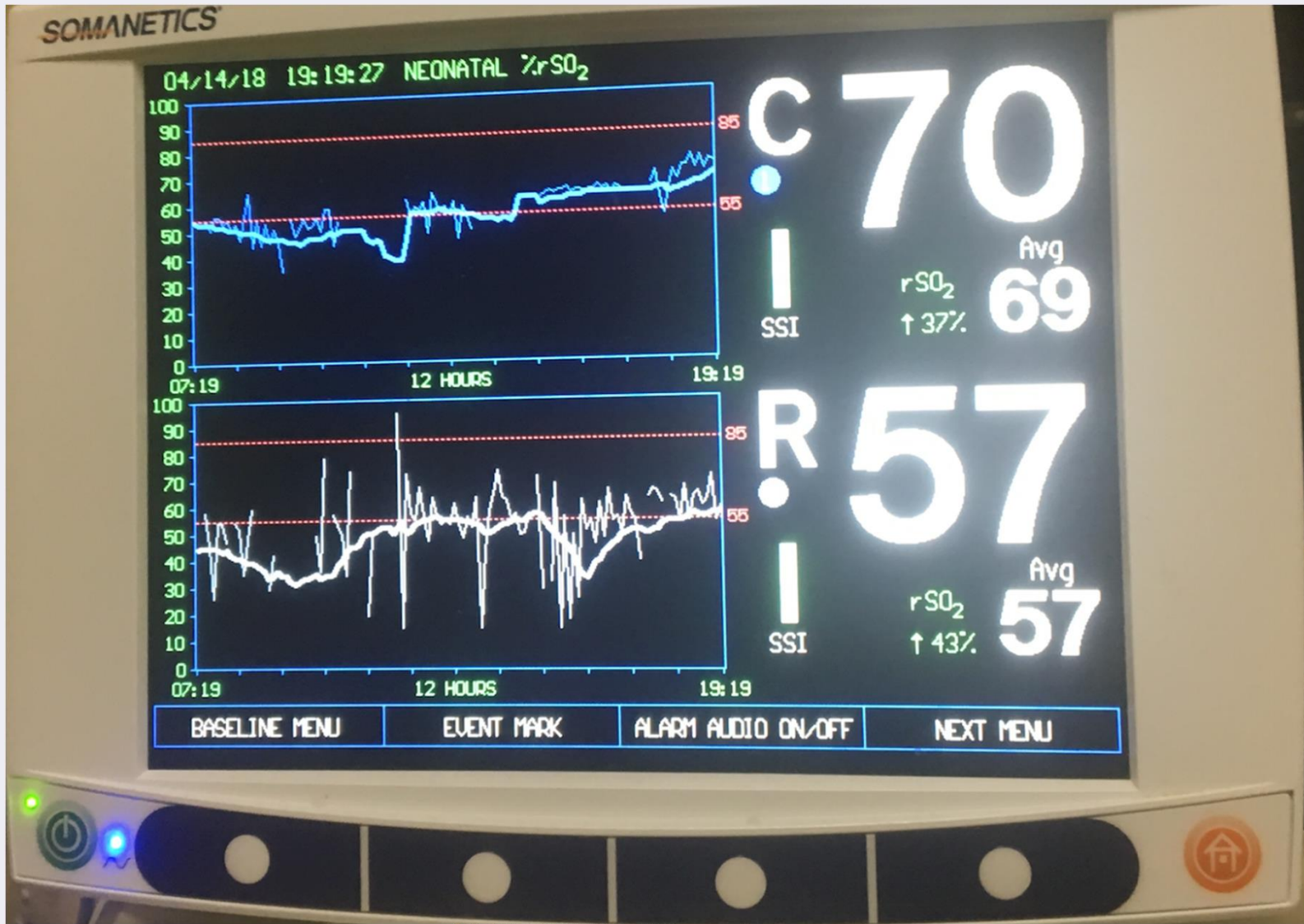


Caso Clínico

- PT, 28 sem IG
- Peso 980g
- 2a semana de vida
- ECO: PCA de 3mm
- CPAP, FiO₂=21% Peep=5
- Debito Urinário: ok
- Dieta: 4ml/mamada - difícil progressão

Tratar ou





Conclusão

- A hipóxia-isquemia é reconhecida como um importante determinante da lesão cerebral adquirida;
- O conhecimento sobre a perfusão-oxigenação cerebral a partir do nascimento e o rastreamento através de cada fase perioperatória podem ser benéficos para formular estratégias de manejo.
- O NIRS oferece várias vantagens em relação a outras modalidades de neuromonitorização (oximetria de bulbo jugular, ultrassonografia com Doppler transcraniano) por não ser invasivo; portátil e fornecer medições contínuas e fácil aplicabilidade.

Conclusão

- Durante o período perioperatório, alterações do NIRS cerebral/renal são frequentes e estão associadas a desfechos clínicos desfavoráveis em estudos prévios.
- Entretanto, ainda são necessários ensaios clínicos randomizados em lactentes com cardiopatia para avaliar se intervenções baseadas em rStO₂ terão benefícios reais nos desfechos clínicos.

“Se você mudar a forma como vê as coisas, as coisas que você enxerga mudarão” Wayne Dyer



INBBC 2023

14th International Newborn Brain Conference

February 8-11, 2023
Clearwater, Florida, USA

[REGISTRATION](#)

[ABSTRACT SUBMISSION](#)

[VIEW PROGRAM](#)



Conference Overview



The International Newborn Brain Conference (INBBC) provides a state-of-the-art forum for presentation and discussion of current research and clinical practice in newborn brain care, including diagnosis, monitoring and management strategies to optimize neurodevelopmental outcome. It explores the means to understand, monitor, protect and treat the newborn brain. The INBBC provides continuing medical education to multidisciplinary professionals working to improve the neurological and developmental health outcomes of premature and high-risk newborns.

Obrigado



I CONGRESSO INTERNACIONAL DE
NEONATOLOGIA DO DF



INSTITUTO DE PESQUISAS EM NEONATOLOGIA
PAULO ROBERTO MARGOTTO

Contato:
gabriel.variane@pbsf.com.br