

Correlação entre a SvO₂ e SjO₂ durante a cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea em crianças

SjO₂/SvO₂ correlation during pediatric cardiac surgery with cardiopulmonary bypass

Jyrson Guilherme Klamt¹, Pamela Regina Teixeira Nabarro², Walter Villela de Andrade Vicente³, Luis Vicente Garcia⁴, Cesar Augusto Ferreira⁵

DOI: 10.5935/1678-9741.20110050

RBCCV 44205-1326

Resumo

Objetivos: Analisar a correlação entre a SvO₂ (indicador do débito cardíaco) e a SjO₂ (indicador da oxigenação cerebral) durante cirurgias cardíacas com circulação extracorpórea (CEC) em crianças.

Métodos: Estudo retrospectivo. Dados da SjO₂, SvO₂ e SaO₂, mensurados simultaneamente em momentos críticos da cirurgia cardíaca com CEC, em 12 crianças, foram analisados pelo teste de correlação de Spearman e pela representação gráfica de Bland-Altman.

Resultados: Foram encontrados baixa correlação entre a SjO₂ e a SvO₂ ($r^2=0,14$, $P=0,03$) e um viés alto (-7,8) na plotagem de Bland-Altman, indicando independência entre as duas variáveis. SjO₂ < 50% (indicativo de isquemia-hipoxia cerebral) foi observada em cerca de 50% das medidas após o reaquecimento no final da CEC hipotérmica.

Conclusões: A medida de SvO₂ não é preditiva da SjO₂ durante a cirurgia cardíaca com CEC em crianças e baixa SjO₂ pode deixar de ser detectada medindo-se apenas a SvO₂.

Descritores: Circulação extracorpórea. Criança. Oxigenação. Veias jugulares.

Abstract

Objectives: To compare the SjO₂ (cerebral oxygenation indicator) and SvO₂ (cardiac output indicator) during pediatric cardiac surgery with cardiopulmonary bypass (CPB).

Methods: Retrospective study. Data of SjO₂ and SvO₂ measured simultaneously at critical time periods during cardiac surgery with CPB were analyzed by the Spearman correlation test and Bland-Altman plot.

1. PhD pelo Departamento de Farmacologia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FMRP-USP), Título Superior de Anestesiologia pela Sociedade Brasileira de Anestesiologia; Professor assistente-doutor no Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor da FMRP-USP, Ribeirão Preto, SP, Brasil.
2. Mestre pela FMRP-USP; Pós-graduanda, Ribeirão Preto, SP, Brasil.
3. Professor livre-docente do Departamento de Cirurgia e Anatomia da FMRP-USP; Chefe da Disciplina de Cirurgia Cardiorácica do Departamento de Cirurgia e Anatomia da FMRP-USP, Ribeirão Preto, SP, Brasil.
4. Professor assistente-doutor do Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor da FMRP-USP; Diretor do Serviço de Anestesia, Ribeirão Preto, SP, Brasil.
5. PhD pelo Departamento de Cirurgia e Anatomia da FMRP-USP;

Médico-assistente da Disciplina de Cirurgia Cardiorácica do Departamento de Cirurgia e Anatomia da FMRP-USP, Ribeirão Preto, SP, Brasil.

Trabalho realizado no Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - Universidade de São Paulo (FMRP-USP), Ribeirão Preto, SP, Brasil.

Endereço para correspondência:

Jyrson Guilherme Klamt
Av. Bandeirantes, 3900 – Monte Alegre – Ribeirão Preto, SP, Brasil
– CEP 14048-900
E-mail: jgklamt@fmrp.usp.br

Artigo recebido em 22 de maio de 2011
Artigo aprovado em 23 de outubro de 2011

Results: Regression analysis of the pooled data showed poor correlation between SjO₂ and SvO₂ ($r^2=0.14$, $P=0.03$) and Bland-Altman plot had a high bias (-7.9), indicating independency of the two variables. SjO₂<50% (indicative of cerebral ischemia-hypoxia) were observed in 50% of the measurements after rewarming during hypothermic CPB.

Conclusions: SvO₂ is not a good predictor of SjO₂ during pediatric cardiac surgery with CPB, and low SjO₂ can be undetected measuring SvO₂ only.

Descriptors: Extracorporeal circulation. Child. Oxygenation. Jugular veins.

INTRODUÇÃO

A saturação da hemoglobina de sangue da veia jugular interna (SjO₂), particularmente próximo ao bulbo jugular, é uma medida objetiva da liberação de oxigênio ao cérebro, da qualidade da neuroproteção durante a circulação extracorpórea (CEC) na cirurgia cardíaca e permite a detecção imediata de isquemia-hipoxia cerebral [1-3].

A saturação da hemoglobina do sangue venoso central (SvO₂), próximo ao átrio direito, é comumente utilizada como indicador da adequação do débito cardíaco e oxigenação de todo o corpo [4,5], porém, não reflete a oxigenação de órgãos específicos, particularmente o cérebro [6]. A dessaturação (SjO₂ < 50%) da hemoglobina da veia jugular, comumente observada durante o período de reaquecimento, não se reflete na SvO₂, e também não seria detectado sem a monitorização específica da SjO₂ [1-3].

Semelhante aos estudos prospectivos em adultos e alguns poucos estudos retrospectivos pediátricos, mostram a fraca correlação entre o SjO₂ e SvO₂ durante a CEC, sobretudo após o reaquecimento [1-3,7]. Colheitas intermitentes de amostras de sangue jugular podem fornecer informações úteis para o manejo adequado da perfusão e oxigenação cerebral, particularmente quando a oxigenação cerebral regional (*NIRS-near-infrared spectroscopy*) ou co-oximetria venosa não estão disponíveis.

No presente estudo, foram avaliados dados das SjO₂ e SvO₂ de pacientes pediátricos submetidos a cirurgias para correção de cardiopatias congênitas com CEC, as quais tiveram a veia jugular interna direita (cateter venoso central) e veia jugular interna esquerda (cateter jugular cefálico) canuladas. As SjO₂ e SvO₂ foram correlacionadas em momentos sucessivos durante a cirurgia cardíaca.

MÉTODOS

Foram selecionadas 18 crianças com idades entre 3 e 120 meses de vida, submetidas à cirurgia cardíaca com CEC

entre julho a dezembro de 2009, nas quais foram possíveis a canulação da veia jugular interna direita com cateter duplo-lumen Fr5 projetado para junção entre a veia cava superior e o átrio direito, veia jugular interna esquerda no sentido cefálico (do bulbo jugular) a partir do anel cricoide com cateter venoso 20G e artéria radial ou femoral. Em 12 pacientes, os dados foram possíveis de serem analisados em todos os momentos protocolados do estudo. A presente coorte retrospectiva dos dados dos pacientes selecionados, nas quais foram monitorizados a SjO₂ foi autorizada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto-USP. Foram excluídos os pacientes submetidos à reoperação, que requereram o uso de marca-passo após CEC, apresentavam instabilidade hemodinâmica e broncoespasmo pré-operatórios, e não foi possível a coleta de todas as amostras de sangue programadas.

A anestesia consistiu de fentanil (20 µg.kg⁻¹, seguida de 5 µg.kg⁻¹.h⁻¹), midazolam (0,2 mg.kg⁻¹) na indução e no início da CEC, suplementados com isoflurano para o controle de respostas hiperdinâmicas (aumentos da pressão arterial e da frequência cardíaca maiores que 30%). Vecurônio (0,4 mg.kg⁻¹) foi empregado para intubação traqueal. Milrinona (50 µg.kg⁻¹, seguida de 0,7 µg.kg⁻¹.min⁻¹) e adrenalina (0,03 – 0,05 µg.kg⁻¹.min⁻¹) foi iniciada no início do reaquecimento. O ritmo de infusão da adrenalina era ajustado ao sair da CEC. Noradrenalina (0,03 – 0,05 µg.kg⁻¹.min⁻¹) foi empregada transitoriamente para elevar a pressão arterial em alguns pacientes.

A concentração fracional de O₂ (FiO₂) foi mantida entre 0,6 a 1,0 e a P_{ET}-CO₂ entre 35 a 45 mmHg e a PEEP entre 2 a 5 cmH₂O. Durante a CEC, o fluxo da perfusão foi de 2,5 a 3 L.min⁻¹.mm², o hematócrito foi mantido entre 25 a 30% e o pH foi manejado pela estratégia alfa-stat, a pressão arterial média foi mantida entre 30 a 70 mmHg e a temperatura reduzida para valores entre 26 a 32°C (a critério do cirurgião). O fluxo da perfusão e/ou a pressão arterial média eram ajustadas para manter a SvO₂ ≥ 70%.

As amostras de sangue arterial (SaO₂), venoso central (SvO₂) e jugular (SjO₂) foram colhidas logo após as

canulações (momento CAN), antes do início da CEC (momento ACEC), após atingir a temperatura nasofaríngea mínima no período de resfriamento da CEC (momento TM), após o reaquecimento (momento RQ) e após a administração de protamina após sair da CEC (momento PROTA). Além das saturações de hemoglobina, foram registradas as glicemias e concentrações de lactato. A correlação entre a S_jO₂ e a S_vO₂ foi analisada pelo teste de correlação de Spearman e pela plotagem de Bland-Altman. Os dados estão apresentados como médias e desvios padrões da média. Significância estatística foi estabelecida com $P < 0,05$.

RESULTADOS

Os dados demográficos, cardiopatias congênitas diagnosticadas por ecografia, tempos de CEC e pinçamento aórtico e ritmo de infusão das drogas vasoativas ao final da cirurgia dos 12 pacientes pediátricos estão expostos na Tabela 1. Houve ampla variação de idade (3-120 meses) e de pesos (4,1 – 33,6 kg). Em todos os pacientes, foi possível a rápida canulação, no sentido cefálico, da veia jugular interna esquerda, sem complicações, particularmente hematomas. O defeito do septo atrioventricular foi o defeito mais prevalente dessa série de pacientes alocados.

A média de S_jO₂ tendeu a ser menor que as da S_vO₂ em todos os momentos registrados, porém observou-se diferença estatística significativa somente após a saída do CEC (momento PROTA). Os menores valores de S_jO₂ e S_vO₂ foram observados após o reaquecimento (momento RQ) (Figura 1).

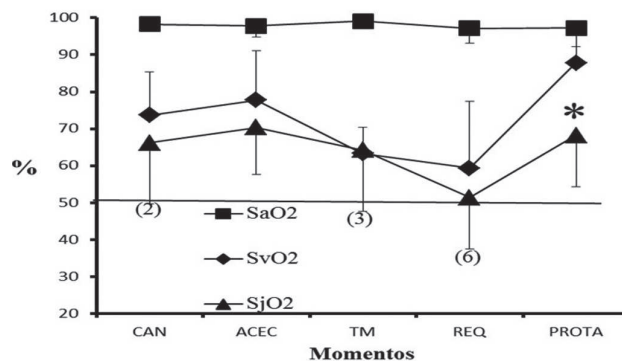


Fig. 1 – Saturação das hemoglobinas arterial, venosa central e jugular interna medidas simultaneamente durante cirurgia cardíaca com circulação extracorpórea (CEC) em crianças nos seguintes momentos: CAN – logo após a canulação da artéria, veia central, veia jugular no sentido cefálico; ACEC – antes do início da CEC; TM – ao atingir a temperatura nasofaríngea mínima (26-32°C); RQ – após o reaquecimento na CEC; PROTA – após administração da protamina ao sair da CEC. *Diferença estatisticamente significativa ($P > 0,05$) entre a S_vO₂ e a S_jO₂

Valores de S_jO₂ < 50%, indicativos de isquemia-hipoxia cerebral, foram detectados com maior frequência (50% das medidas) no momento RQ (Figura 1). Por outro lado, valores indicativos do fluxo sanguíneo cerebral luxuriante (S_jO₂ > 75%) foram detectados em todos os momentos, particularmente no momento PROTA, e, exceto no momento RQ.

Tabela 1. Dados dos pacientes pediátricos (P) submetidos à cirurgia cardíaca para correção de cardiopatia congênita com CEC, nos quais foram correlacionadas as S_jO₂ e S_vO₂ em momentos sucessivos cirurgia.

P	Cardiopatia Congênita	Peso (kg)	Idade (meses)	CEC	PAo	ADR	NOR
1	DSAV	8,7	9	90	0	0,03	0
2	EP	15	36	90	55	0,05	0
3	DSAV	3,5	6	110	85	0,04	0
4	CIV	6,6	12	72	62	0	0
5	CIA	34,8	108	50	29	0	0,03
6	Eao	33,6	120	95	74	0	0,04
7	CIV	6,9	9	65	51	0,03	0
8	DSAV, CIV	16,9	72	112	79	0	0,03
9	CIA, CIV, PCA	6,5	9	70	45	0,04	0
10	CIA, EP	12,3	24	174	127	0	0
11	CIA, CIV, PCA, DSAV	4,3	3	128	93	0,04	0
12	AT	14,7	60	81	0	0,03	0,03

S_jO₂ = saturação da hemoglobina do sangue da veia jugular interna; S_vO₂ = idem do sangue venoso central; DSAV = defeito do septo atrioventricular; EP = estenose pulmonar; CIV = comunicação interventricular; CIA = comunicação inter-atrial; Eao = estenose aórtica; PCA = persistência do canal artéria; AT = Atresia tricúspide. Tempos (minutos) de CEC (circulação extracorpórea) e Pao (pinçamento da aorta). Ritmo de infusão ($\mu\text{g.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) de adrenalina (ADR) e noradrenalina (NOR) ao final da cirurgia. Nota: todos os pacientes estavam recebendo milrinona ao final da cirurgia

A análise de regressão de Spearman, de todos os valores de SjO₂ e SvO₂ agrupados, demonstrou baixa correlação entre o SjO₂ e SvO₂ ($r^2 = 0,14, P=0,03$). A plotagem de Bland-Altman (média x diferença) apresentou um viés (-7,9) considerado elevado, confirmando a independência entre as medidas simultâneas de SjO₂ e SvO₂, ou seja, ou baixo valor preditivo da SvO₂ para detectar isquemia-hipoxia cerebral durante a CEC com hipotermia.

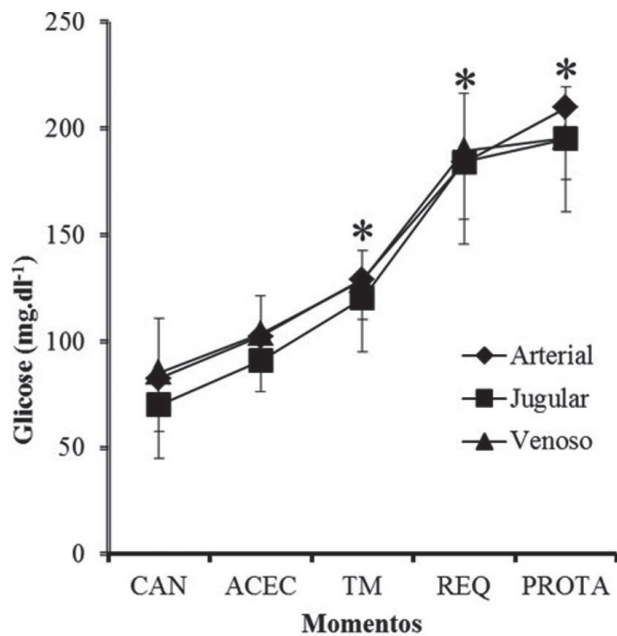


Fig. 2 – Glicemias arterial, venosa central (venosa) e veia jugular interna esquerda (jugular). *Diferença estatisticamente significativa ($P > 0,05$) em relação ao momento CAN. Momentos iguais à Figura 1

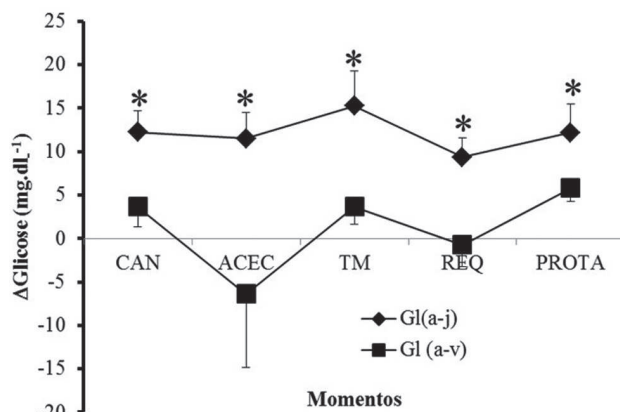


Fig. 3 – Diferença artério-jugular [extração cerebral de glicose, (GI(a-j))] e diferença artério-venosa central [GI(a-v)] de glicose. *Diferença estatisticamente significativa ($P > 0,05$) entre GI(a-j) e GI(a-v) em cada momento. Não há diferenças entre os sucessivos momentos na GI(a-j). Momentos iguais à Figura 1

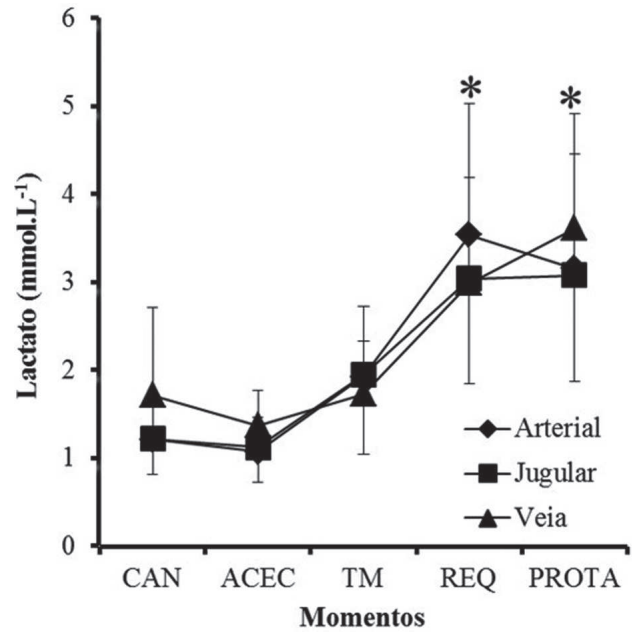


Fig. 4 – Concentrações arterial, jugular e venosa central (venoso) de lactato. Momentos iguais à Figura 1. *Diferença estatisticamente significativa ($P > 0,05$) em relação ao momento CAN

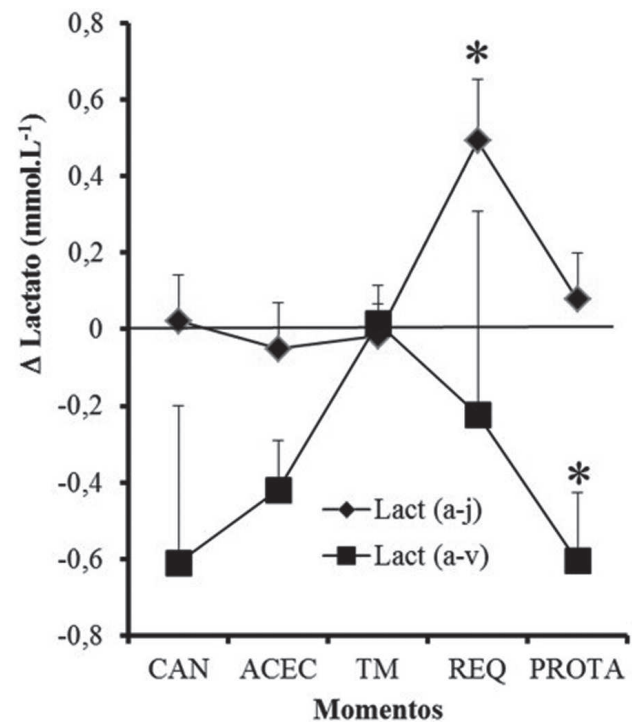


Fig. 5 – Diferença artério-venosa central [Lact(a-v)] e artério-jugular [Lact(a-j)] de lactato. Momentos iguais à Figura 1. *Diferença estatisticamente significativa em relação ao momento TM

A glicemia elevou-se significativamente a partir do momento TM na CEC e atingiu média de 209 ± 34 mg.dl⁻¹ no momento PROTA. As glicemias venosas centrais, jugulares e arteriais foram similares (Figura 2). As extrações de glicose cerebral (diferença artério-jugular) foram significativamente maiores que a extração sistêmica (diferença artério-venosa), e mantiveram-se constante em todos os momentos registrados (Figura 3). O lactato jugular elevou-se, de modo similar, nas três fontes de sangue, a partir do momento RQ (Figura 4). As diferenças artério-venosas de lactato [L(a-v)] demonstraram nítida extração pulmonar após a saída da CEC e a diferença artério-jugular [L(a-J)] revelou também nítida extração cerebral durante o reaquecimento (momento PROTA) (Figura 5).

DISCUSSÃO

O presente estudo retrospectivo investigou a correlação entre a SjO₂ e SvO₂ de pacientes pediátricos durante cirurgia cardíaca com CEC hipotérmica. A análise de regressão linear de todos os dados, registrados nos momentos considerados críticos, revelou fraca correlação entre as duas variáveis. SjO₂ < 50%, entendida como indicador de isquemia-hipóxia cerebral, foi observada com maior frequência após o reaquecimento no final da CEC, e não acompanhada de redução similar da SvO₂. A hipótese primária de trabalho foi confirmada, na qual a SvO₂ não é preditiva da SjO₂, e a sua medida isolada, como indicador de oxigenação de todo o corpo, pode deixar não detectado isquemia-hipoxia cerebral. Outros marcadores de isquemia, como a diferença artéria-jugular do lactato e glicose não demonstraram alterações clinicamente significativas.

A monitorização de oxigenação cerebral durante a cirurgia cardíaca com CEC pode ser realizada de modo contínuo (co-oximetria com cateter na jugular, oximetria regional- NIRS) ou de modo intermitente, através de coleta frequente do sangue venoso jugular, dispondo a ponta do cateter venoso próximo ao bulbo jugular. A monitorização intermitente apresenta algumas desvantagens, tais como não ser constante, invasiva, leva a perda de sangue e a complicações como hematoma e infecção. No entanto, é exequível quando houver gasometria prontamente disponível e é de baixo custo. A SjO₂ é um marcador, ou indicador, confiável da oxigenação cerebral global. Reflete o balanço entre a oferta, que é o produto de fluxo sanguíneo cerebral (FSC) e o conteúdo do oxigênio do sangue arterial (CaO₂, ml/100 ml), e a demanda (consumo de oxigênio – CMRO₂: “Cerebral metabolic rate for oxygen”), e definida pela fórmula $SjO_2 \propto FSC/CMRO_2$.

Medidas seriadas da SjO₂ (cada 5-10 min.) provêm informações, embora indiretas, sobre a oxigenação cerebral, efetividade e homogeneidade do resfriamento completo cerebral, qualidade da neuroproteção e profundidade

anestésica; guia também a efetividade das intervenções clínicas (aumento da FSC, PaCO₂, hipotermia e anestesia) destinada a prevenir ou manejar condições de risco de isquemia-hipoxia cerebral. Seus valores normais estão entre 55%-75%, os quais são sempre menores que as SvO₂ simultâneas. É uma medida global, e pode não refletir hipoperfusão (isquemia focal), portanto valores normais, ou mesmo elevada, não necessariamente garantem oxigenação adequada, por outro lado, valores baixos (< 50-54%) indicam isquemia global ou focais suficientes graves a ponto de causar baixa SjO₂, associadas a déficits neurológicos pós-operatórios [1-3,8,9].

Há poucos estudos, a maioria retrospectivos e com limitada casuística, sobretudo em crianças, correlacionando a SvO₂ e a SjO₂ durante cirurgias cardíacas com CEC [1-3,8,9-11]. Semelhante a pacientes adultos, discrepâncias entre as duas variáveis são consistentemente observada. No presente estudo, essa baixa correlação foi confirmada, embora as médias diferissem apenas após a saída da CEC. O período de reaquecimento é o de maior risco para isquemia-hipoxia cerebral, definida com SjO₂ < 50% associada a oxigenação sistêmica normal (SvO₂ > 60%), e tal fenômeno parece consistente com os nossos dados clínicos. Invariavelmente, o reaquecimento no final da CEC tem sido identificado como o período de maior risco para hipoperfusão cerebral.

Há aumento do consumo de oxigênio associado ao aumento da temperatura cerebral, a qual excede temporariamente o aumento da oferta circulatória de oxigênio durante o reaquecimento. Esse desequilíbrio parece dever-se: à autorregulação primária deficiente, vasoconstrição cerebral consequente ao fluxo não pulsátil da CEC, microêmbolos, baixo hematócrito, hipocapnia [1-3,7-12,15]. A isquemia relativa global consequente à vasoconstrição cerebral parece ser o principal mecanismo em pacientes pediátricos, particularmente neonatos [11,13-15]. Em contraste, o aumento da SjO₂ (>75%) ao atingir a temperatura hipotermia, rotineiramente observado [12,15,16], não foi verificado em todos os pacientes. Talvez se deva à prática de estabelecer o fluxo baseados na idade, temperatura e pressão arterial média, e corrigi-lo a seguir pela SvO₂. Por outro lado, FSC excessivo (luxuriante) (SjO₂ > 75) foi encontrado em vários pacientes após a saída da CEC, o que nos parece ser consequência do suporte vasoativo iniciado no reaquecimento.

A monitorização cerebral, sobretudo da oxigenação, tornou-se rotina obrigatória em cirurgia cardíaca pediátrica, visto que sequelas neurológicas pós-operatórias são minimizadas com detecção rápida da ocorrência de hipoxia cerebral [12]. Até o estabelecimento do uso rotineiro da oximetria cerebral não invasiva (NIRS), as medidas da SjO₂ e da extração cerebral de oxigênio (SaO₂ - SjO₂) representavam indicadores indiretos confiáveis da

eficiência do resfriamento cerebral e qualidade da neuroproteção e profundidade anestésica [9,12,13].

A cateterização cefálica da veia jugular interna de crianças, preferencialmente próximo ao bulbo jugular, é utilizada atualmente somente para pesquisa, a qual pode ser realizada por punção percutânea ou via cirúrgica através da veia cava superior com cateter de co-oximetria (saturação da hemoglobina contínua), a qual permite também dosagens de outros marcadores da oxigenação cerebral adequada, tais como o lactato e a glicose (extração de glicose), os quais podem fornecer informações relevantes para manejo terapêutico de isquemia ou prevenção de situação de risco, particularmente crianças durante a CEC, com condutas, tais como, aumento do débito cardíaco (perfusão na CEC) e de PaCO₂, de modo a manter a relação FSC/CMRO₂ normais, além do que esses indicadores têm alto valor prognóstico sobre sequelas neurológicas em crianças [10,14,15,17].

Em nosso estudo, a extração de glicose foi constante durante a CEC e não apresentou, no entanto, a redução esperada no período de resfriamento e a produção de lactato teve o perfil esperado [10]. Vários estudos prospectivos sobre perfusão cerebral seletiva, com eficácia demonstrada na prevenção de sequelas neurológicas [18,19], e revisões sobre neuroproteção intraoperatória, particularmente durante a CEC, não enfatizam a monitorização cerebral como forma de avaliar a qualidade da neuroproteção em tempo real ou hábil [20,21]. Certamente, isto se deva à indisponibilidade no mercado nacional e alto custo dos monitores cerebrais, no entanto, a medida frequente da S_jO₂ pode ser exequível e útil.

O tamanho limitado da amostra (casuística) e o desenho retrospectivo observacional são as principais limitações deste estudo. Apesar do sucesso técnico das 18 canulações da veia jugular interna no sentido cefálico (do bulbo jugular), o procedimento consome tempo, e requer uma habilidade específica, oferece dificuldade em manter o cateter patente para obtenção de amostras nos momentos críticos de isquemia/hipoxia cerebral durante a CEC e apresenta riscos de complicações. Somente em 12 pacientes foi possível o cumprimento do protocolo de pesquisa, no entanto, cerca 100 dados pareados foram gerados para análise estatística; com significância nos testes de correlação. Por ocasião da análise dos dados, estudo em crianças submetidas à cirurgia cardíaca com CEC demonstrou estreita correlação entre a saturação da hemoglobina da veia cava superior (SvcsO₂) e o rcSO₂ (NIRS cerebral) [22].

Apesar da mistura com sangue proveniente das estruturas extracerebrais e os membros superiores, análises das amostras do sangue colhidas da veia cava superior são uma representação confiável do estado metabólico (oxigenação e ocorrência de metabolismo anaeróbico) do cérebro e são preditivas da rcSO₂ em tempo real. Esta

correlação e valor preditivo recíproco estático e dinâmico (variações agudas) entre a SvcsO₂ e a rcSO₂ foram confirmados recentemente em outro estudo semelhante [23]. O tamanho das amostras nesses dois estudos é similar ao nosso. Na nossa rotina atual, apoiados nos argumentos expostos, usamos amostras da veia cava superior na monitorização da oxigenação cerebral, e correção (aumento da perfusão e PaCO₂ e/ou aprofundamento da anestesia) de eventual baixa perfusão cerebral. Seria desejável a estratificação dos pacientes quanto ao débito cardíaco e à gravidade das sequelas neurológicas pós-operatórias para se quantificar o valor preditivo, a especificidade e sensibilidade das medidas da S_jO₂ ou a diferença entre a S_jO₂ e a SvO₂ sobre a evolução neurológica. Isto não foi possível em nosso estudo, uma vez que todos os pacientes da nossa casuística tiveram alta hospitalar sem qualquer alteração neurológica aparente.

Atualmente, são raros os pacientes transportados à UTIP com baixo débito, e que desenvolvem injúrias neurológicas grosseiras, o que, certamente, se deve à qualidade da proteção cardíaca durante a CEC e do reparo cirúrgico, e, possivelmente, da neuroproteção. As sequelas neurológicas sutis são passíveis de estudo após 1 ano de idade, e requerem a participação de neuropediatras e psicólogos treinados (indisponíveis no nosso meio) e um grande número de pacientes [15].

CONCLUSÃO

Em conclusão, esse estudo sugere que não é possível prever o valor do S_jO₂, portanto da oxigenação cerebral, baseando-se nas medidas da SvO₂. O período de maior risco de dessaturação no sangue jugular foi durante o reaquecimento no final da CEC e o suporte vasoativo de rotina pode produzir hiperfluxo cerebral após a CEC.

REFERÊNCIAS

1. Schell RM, Cole DJ. Cerebral monitoring: jugular venous oximetry. *Anesth Analg*. 2000;90(3):559-66.
2. Macmillan CS, Andrews PJ. Cerebral oxygen saturation monitoring: practical considerations and clinical relevance. *Intensive Care Med*. 2000;26(8):1028-36.
3. Shaaban Ali M, Harmer M, Latto I. Jugular bulb oximetry during cardiac surgery. *Anaesthesia*. 2001;56(1):24-37.

4. Liakopoulus OJ, Ho JK, Yezbick A, Sanchez E, Naddell C, Buckberg GD, et al. An experimental and clinical evaluation of novel central venous catheter with integrated oximetry for pediatric patients undergoing cardiac surgery. *Anesth Analg.* 2007;105(6):1598-604.
5. Duarte JJ, Pontes JCDV, Gomes OM, Silva GVR, Gardenal N, Silva AF, et al. Correlação entre a gasometria atrial direita e índice cardíaco no pós-operatório de cirurgia cardíaca. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2010; 25 (2):160-5.
6. McDaniel LB, Zwischenberger JB, Vertrees RH, Nutt L, Uchida T, Nguyen T, et al. Mixed venous saturation during cardiopulmonary bypass poorly predicts regional venous saturation. *Anesth Analg.* 1995;80(3):466-72.
7. Kern FH, Ungerleider RM, Schulman SR, Meliones JN, Schell RM, Baldwin B, et al. Comparing two strategies of cardiopulmonary bypass cooling and jugular venous oxygen saturation in neonates and infants. *Ann Thorac Surg.* 1995;60(5):1198-202.
8. Croughwell ND, Newman MF, Blumenthal JA, White WD, Lewis JB, Frasco PE, et al. Jugular bulb saturation and cognitive dysfunction after cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg.* 1994;58(6):1702-8.
9. Kerr FH, Ungerleider RM, Schulman SR, Meliones JN, Schell RH, Baldwin B, et al. Comparing two strategies of cardiopulmonary bypass cooling jugular venous oxygen saturation in neonates and infants. *Ann Thorac Surg.* 1995;60(5):1198-202.
10. Greeley WJ, Kern FH, Ungerleider RM, Boyd JL 3rd, Quill T, Smith LR, et al. The effect of hypothermic cardiopulmonary bypass and total circulatory arrest on cerebral metabolism in neonates, infants and children. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1991;101(5):783-94.
11. Greeley WJ, Ungerleider RM, Smith LR, Reves JG. The effects of deep hypothermic cardiopulmonary bypass and total circulatory arrest on cerebral blood flow in infants and children. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1989;97(5):737-45.
12. Andropoulos DB, Stayer SA, Diaz LK, Ramamoorthy C. Neurological monitoring for congenital heart surgery. *Anesth Analg.* 2004;99(6):1365-75.
13. Cook DJ, Oliver WC Jr, Orszulak TA, Daly RC. A prospective, randomized comparison of cerebral venous oxygen saturation during normothermic and hypothermic cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1994;107(5):1020-8.
14. Schell RM, Kern FH, Greeley WJ, Schulman SR, Frasco PE, Croughwell ND, et al. Cerebral blood flow and metabolism during cardiopulmonary bypass. *Anesth Analg.* 1993;76(4):849-65.
15. Hoffman GM, Mussatto KA, Brosig CL, Ghanayem NS, Musa N, Fedderly RT, et al. Systemic venous oxygen saturation after the Norwood procedure and childhood neurodevelopmental outcome. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2005;130(4):1094-100.
16. Tortoriello TA, Stayer SA, Mott AR, McKenzie CD, Fraser CD, Andropoulos DB, et al. A noninvasive estimation of mixed venous oxygen saturation using near-infrared spectroscopy by cerebral oximetry in pediatric cardiac surgery patients. *Pediatric Anaesth.* 2005;15(6):495-503.
17. Trubiano P, Heyer EJ, Adams DC, McMahon DJ, Christiansen I, Rose EA, et al. Jugular venous bulb oxyhemoglobin saturation during cardiac surgery: accuracy and reliability using a continuous monitor. *Anesth Analg.* 1996;82(5):964-8.
18. Martins MSS, Sá MPL, Abad L, Bastos ES, Franklin Junior N, Baptista ALXBM, et al. Tratamento cirúrgico da aorta ascendente e arco com perfusão anterógrada e hipotermia moderada. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2006;21(4):461-7.
19. Carreira VJ, Oliveira DM, Honório JF, Pinheiro ITF, Chissonde EM, Faria RM. Cirurgia do arco aórtico com perfusão cerebral bilateral pelo isolamento do tronco braquiocéfálico e da artéria carótida esquerda. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2008;23(1):70-7.
20. Dias RR, Silva IA, Fiorelli AI, Stolf NAG. Proteção cerebral: sítios de canulação arterial e vias de perfusão do cérebro. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 2007;22(2):235-40.
21. Martin JFV, Melo ROV, Sousa LP. Disfunção cognitiva após cirurgia cardíaca. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2008;23(2):245-55.
22. Ranucci M, Isgrò G, De la Torre T, Romitti F, Conti D, Carlucci C. Near-infrared spectroscopy correlates with continuous superior vena cava oxygen saturation in pediatric cardiac patients. *Paediatr Anesth.* 2008;18(12):1163-9.
23. Ginther R, Sebastian VA, Huang R, Leonard SR, Gorney R, Guleserian KJ, et al. Cerebral near-infrared spectroscopy during cardiopulmonary bypass predicts superior vena cava oxygen saturation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2011;142(2):359-65.