

Claudio da Silva Zachia Alan¹, Alexandre Augusto Pinto Lima², Jan Bakker², Gilberto Friedman¹

1. Programa de Pós-Graduação em Ciências Pneumológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre (RS), Brazil.

2. Departamento de Medicina Intensiva, Erasmus MC, University Medical Center - Rotterdam, Holanda.

Conflitos de interesse: Nenhum.

Submetido em 15 de outubro de 2021
Aceito em 5 de maio de 2022

Autor correspondente:

Gilberto Friedman
Programa de Pós-Graduação em Ciências Pneumológicas
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Rua Ramiro Barcelos, 2400, 2º Andar
CEP: 90035-003 -Porto Alegre (RS), Brasil
E-mail: beto_gremio@hotmail.com

Editor responsável: Thiago Costa Lisboa

DOI: 10.5935/0103-507X.20220023-pt

É possível estimar a saturação venosa de oxigênio central a partir da saturação tecidual de oxigênio durante o teste de oclusão venosa?

RESUMO

Objetivo: Testar se, após um teste de oclusão venosa, a taxa de saturação tecidual de oxigênio é capaz de estimar a taxa de saturação venosa de oxigênio central.

Métodos: Realizou-se estudo observacional em pacientes de unidade de terapia intensiva. A taxa de saturação tecidual de oxigênio foi monitorada a partir de um espectrômetro tecidual (InSpectra modelo 650, Hutchinson Technology Inc., MN, Estados Unidos) com uma sonda múltipla de 15mm e 25mm na posição tenar. Aplicou-se um teste de oclusão venosa no braço superior de voluntários para testar a tolerabilidade e o padrão de mudanças na taxa de saturação tecidual de oxigênio durante a realização do teste de oclusão venosa. Inflou-se um manguito de esfigmomanômetro a uma pressão 30mmHg maior que a pressão diastólica até que a taxa de saturação tecidual de oxigênio alcançasse um platô e o manguito fosse desinflado a 0mmHg. Os parâmetros da taxa de saturação tecidual de oxigênio foram classificados como em repouso e mínima ao final do teste de oclusão venosa. Nos pacientes, o manguito foi inflado a uma pressão 30mmHg maior que a pressão diastólica durante 5 minutos, que foi o tempo derivado dos voluntários, ou até que a taxa de saturação tecidual de oxigênio atingisse um platô. Os parâmetros da taxa de saturação tecidual de oxigênio foram classificados como em repouso e mínima, e o tempo médio que a

taxa de saturação tecidual de oxigênio se igualou à de saturação venosa de oxigênio central. A taxa de saturação tecidual de oxigênio no tempo médio foi comparada à de saturação venosa de oxigênio central.

Resultados: Todos os nove voluntários toleraram bem o teste de oclusão venosa. O tempo de tolerabilidade ou o platô da taxa de saturação tecidual de oxigênio foi de 7 ± 1 minutos. Estudamos 22 pacientes. O tempo médio para a equalização da taxa de saturação tecidual de oxigênio à de saturação venosa de oxigênio central foi de 100 segundos e 95 segundos, utilizando sondas de 15 e 25mm, respectivamente. A taxa de saturação tecidual de oxigênio em 100 segundos foi de $74\% \pm 7\%$, utilizando sonda de 15mm, e de $74\% \pm 6\%$, utilizando sonda de 25mm. Então, as taxas foram comparadas à taxa de saturação venosa de oxigênio central, que apresentou $75\% \pm 6\%$. A taxa de saturação tecidual de oxigênio em 100 segundos correlacionou-se com a de saturação venosa de oxigênio central (15mm: $R^2 = 0,63$; 25mm: $R^2 = 0,67$; $p < 0,01$) sem discrepância (Bland-Altman).

Conclusão: A taxa de saturação venosa de oxigênio central pode ser estimada a partir da taxa de saturação tecidual de oxigênio, a partir de um teste de oclusão venosa.

Descritores: Espectroscopia de luz próxima ao infravermelho; Saturação de oxigênio; Consumo de oxigênio; Estado terminal



INTRODUÇÃO

A insuficiência de fornecimento de oxigênio leva a um aumento na taxa de extração de oxigênio do sangue, resultando em decréscimo da taxa de saturação venosa de oxigênio mista ($S_{mv}O_2$). A dosagem da taxa de $S_{mv}O_2$ é uma forma consagrada de monitoramento do equilíbrio global dado pela razão entre a oferta de oxigênio (DO_2) e a demanda de oxigênio (VO_2) em terapia intensiva adulto.⁽¹⁾ Entretanto, a dosagem da taxa de $S_{mv}O_2$ requer acesso ao sangue da artéria pulmonar, que é uma técnica invasiva de monitoramento hemodinâmico. O monitoramento da taxa de saturação venosa de oxigênio central ($ScvO_2$) tem sido defendido como método simples para avaliar mudanças na relação entre DO_2 e VO_2 em vários ambientes clínicos.^(2,3) Assim, a dosagem da taxa de $ScvO_2$ tornou-se uma forma comprovada de monitoramento da taxa de oxigenação tecidual sistêmica em pacientes terminais.^(4,5) Sua dosagem requer uma linha venosa central que deve residir na veia cava superior. Assim, a coleta de amostras de sangue nesse local reflete a oxigenação sistêmica, principalmente da parte superior do corpo. A taxa de saturação venosa de oxigênio (SvO_2) difere entre os vários sistemas de órgãos, pois eles apresentam diferentes taxas metabólicas.^(6,7)

Contudo, as dosagens das taxas de $ScvO_2$ não estão isentas de riscos e podem ser inviáveis em certos contextos. Assim, seria útil encontrar uma técnica não invasiva para estimar a taxa de $ScvO_2$. A espectroscopia de infravermelho próximo (NIRS - *near-infrared spectroscopy*) oferece uma técnica para o monitoramento da oxigenação tecidual de forma contínua, não invasiva e à beira do leito.⁽⁸⁾ A NIRS utiliza os princípios de transmissão e absorção da luz para medir de maneira não invasiva as concentrações de hemoglobina nos tecidos, fornecendo uma avaliação global da oxigenação em todos os compartimentos vasculares (arterial, venoso e capilar). Ela tem sido empregada para avaliar a oxigenação muscular esquelética do antebraço durante a hiperemia reativa induzida em adultos saudáveis e apresentou dosagens de oxigenação tecidual reprodutíveis durante eventos oclusivos arteriais e venosos.⁽⁹⁻¹¹⁾ Por meio de teste de oclusão venosa (TOV), a NIRS pode ser aplicada para medir as mudanças na taxa de saturação tecidual de oxigênio (StO_2) seguindo as mudanças nas concentrações de hemoglobina oxigenada e desoxigenada. Nesse método, um manguito pneumático de esfigmomanômetro é inflado a uma pressão maior que a pressão diastólica e menor que a pressão sistólica por alguns segundos. Essa pressão bloqueia a saída venosa, mas não impede a entrada arterial, ao contrário do teste de oclusão vascular padrão. Como resultado, o volume de sangue venoso e a pressão aumentam,^(11,12) e esse aumento no acúmulo de sangue venoso provoca um aumento de hemoglobina.

Assim, é razoável supor que a NIRS refletirá essa mudança diminuindo a taxa de StO_2 . Em vista dessas observações, o objetivo deste estudo foi testar a hipótese de poder utilizar NIRS e VOT para estimar a taxa de $ScvO_2$ numa população de pacientes terminais.

MÉTODOS

População do estudo

Este estudo observacional prospectivo foi realizado na unidade de terapia intensiva (UTI) de um hospital universitário com 33 leitos no *Erasmus Medical Center*, em Rotterdam, nos Países Baixos. Foram inscritos pacientes terminais adultos consecutivos (>18 anos) dentro de 24 horas após sua admissão à UTI, que tinham sido submetidos à reanimação e à estabilização prévia. Todos os pacientes eram ventilados mecanicamente e tinham um cateter central com a ponta colocada na veia cava superior. A UTI tinha quartos privativos fechados, e a temperatura ambiente no quarto de cada paciente foi ajustada individual e ativamente a 22 °C. Nenhum dos pacientes apresentava níveis elevados de bilirrubina. Também foram recrutados voluntários saudáveis, sem histórico de recebimento de qualquer medicação vasoativa. Os voluntários foram instruídos a não consumirem bebidas contendo cafeína até após o término das experiências. O conselho de revisão institucional aprovou o estudo. Cada paciente (ou seu decisor) e cada voluntário saudável deram seu consentimento informado por escrito.

Dosagens

Oxigenação tecidual derivada da saturação tecidual de oxigênio

A oxigenação tecidual derivada da taxa de StO_2 foi continuamente monitorada utilizando um espectrômetro tecidual InSpectra, modelo 650 (Hutchinson Technology Inc., Hutchinson, MN, EUA) com sondas múltiplas de 15mm e 25mm sobre a eminência tenar.

Oclusão venosa em voluntários saudáveis

A oclusão venosa (OV) em voluntários saudáveis foi concebida para investigar por quanto tempo uma pessoa pode tolerar bem o acúmulo venoso da OV e estudar o padrão de mudanças de StO_2 durante a OV. A OV foi realizada por meio da interrupção do fluxo sanguíneo no antebraço, utilizando um esfigmomanômetro convencional com manguito pneumático. Todos os voluntários estavam sentados com o braço apoiado sobre uma mesa ao nível do coração, e a oxigenação tecidual derivada da StO_2 era continuamente monitorada com a sonda sobre a eminência tenar.

O manguito foi colocado ao redor do braço e inflado a uma pressão de aproximadamente 30mmHg maior que a pressão diastólica até que a StO₂ atingisse uma linha de platô ou até que a compressão não fosse mais tolerada. O platô ou a tolerância era considerado a conclusão do período de OV, e, então, o manguito era rapidamente desinflado. Os parâmetros da taxa de StO₂ derivados da OV foram divididos em dois componentes: taxa de StO₂ em repouso (r-StO₂) e taxa de StO₂ mínima (m-StO₂) ao final da OV.

Oclusão venosa em pacientes

Uma amostra de sangue de 1mL (após a retirada do sangue do espaço morto) foi coletada da linha central colocada na veia cava superior para dosar a taxa de ScvO₂ antes de iniciar o TOV. Todas as dosagens foram realizadas utilizando um co-oxímetro (Maximo Pulse Oximetry). Todos os pacientes tinham que ter saturação arterial maior que 92%. Após o registro da taxa de ScvO₂, a oxigenação tecidual derivada da taxa de StO₂ era continuamente monitorada com a sonda sobre a eminência tenar, e, então, o TOV foi realizado por meio da interrupção do fluxo sanguíneo do antebraço, utilizando um esfigmomanômetro convencional com manguito pneumático. O manguito foi colocado ao redor do braço e inflado a uma pressão de aproximadamente 30mmHg maior que a pressão diastólica durante 5 minutos (tempo limite derivado dos voluntários saudáveis) ou até alcançar uma linha de platô na tela. Ao completar o período de OV, o manguito oclusivo era rapidamente desinflado. Os parâmetros da taxa de StO₂ derivados da OV foram divididos em três componentes: taxa de StO₂ em repouso (r-StO₂), taxa de StO₂ mínima ao término da OV (m-StO₂) e tempo que a taxa de StO₂ se igualava à de ScvO₂ do paciente (StO₂ = ScvO₂). A taxa de StO₂ no tempo médio, quando a taxa de StO₂ se igualava à de ScvO₂, foi posteriormente comparada com a taxa de ScvO₂.

A primeira dosagem foi realizada dentro de 24 horas da admissão à terapia intensiva, após a obtenção da estabilidade hemodinâmica (pressão arterial média - PAM > 65mmHg, e nenhuma alteração no uso de vasopressores por 2 horas), e a cada 24 horas daí em diante, até o terceiro dia.

Estatísticas

Um tamanho de amostra de 19 pacientes foi estimado para um coeficiente de correlação de 0,6 (alfa bicaudal = 0,05; beta = 0,20). Os resultados são apresentados como média ± desvio-padrão (DP), a menos que especificado em contrário. Realizou-se teste *t* pareado para estimar diferenças significativas após teste de normalidade (teste Kolmogorov-Smirnov). A correlação bivariada foi utilizada para determinar se a taxa de r-StO₂, a de m-StO₂, a de StO₂ após 100 segundos (100-StO₂) e a de ScvO₂ estavam linearmente relacionadas entre si.

Para comparar a taxa de StO₂ e a de ScvO₂, calcularam-se o viés, a discordância sistêmica entre as dosagens (diferença média entre duas dosagens) e a precisão (erro aleatório ao mensurar o DP do viés). Os limites de concordância de 95% foram arbitrariamente estabelecidos, de acordo com Bland-Altman, como o viés ± 1,96 DPs.⁽¹³⁾ Um valor de *p* < 0,05 foi considerado estatisticamente significativo (*Statistical Package for the Social Sciences* - SPSS - versão 15.0, Chicago, IL, Estados Unidos).

RESULTADOS

Voluntários saudáveis

Todos os voluntários (n = 9) toleraram bem o TOV, e o tempo médio de tolerância foi de 7 ± 1 minutos. A OV com manguito pneumático resultou na diminuição imediata da taxa de StO₂ em todos os voluntários em um padrão linear, e a liberação da OV foi seguida por um rápido aumento da taxa de StO₂ (Figura 1). Considerando que todos os voluntários saudáveis toleraram bem mais de 5 minutos de OV, utilizou-se esse tempo como do TOV apropriado para ser aplicado em pacientes impedidos de comunicar tolerância.

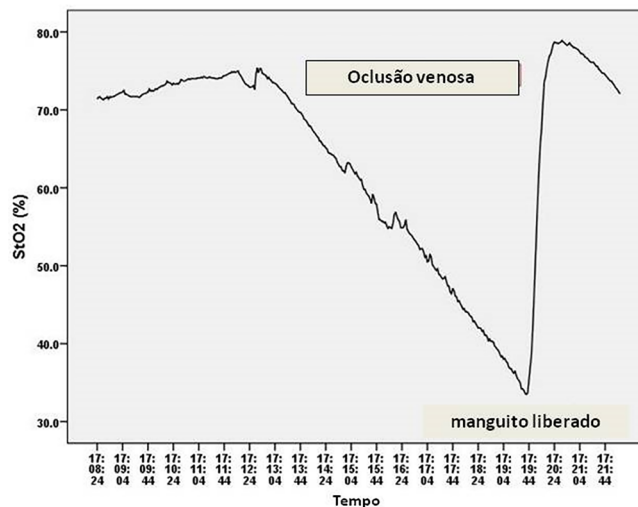


Figura 1 - Exemplo do padrão de saturação tecidual de oxigênio durante teste de oclusão venosa em voluntário saudável.

StO₂ - saturação tecidual de oxigênio.

Pacientes terminais

Foram incluídos 22 pacientes de UTI (Tabela 1). Todos os pacientes estavam sob analgesia ou sedação, e foram realizadas 42 dosagens em 3 dias consecutivos. A tabela 2 mostra a média da taxa de ScvO₂ e da de StO₂ derivada da OV utilizando sondas de 15mm e 25mm para todos os pacientes. Em quatro pacientes, nunca foi obtida a equalização da taxa de StO₂ e da de ScvO₂.

Tabela 1 - Características dos pacientes

Variáveis	
Idade (anos)	57 ± 18
Masculino/feminino	8/14
APACHE II	20 ± 7
SOFA	7 ± 4
Categoria principal de admissão	
Sepse/sepsse grave	6
Choque séptico	6
Choque, sem sepsse	5
Sem choque, sem sepsse	5
Parâmetros fisiológicos (42 sondagens)	
Lactato sanguíneo (mmol/L)	1,6 ± 1,2
Perfusão capilar (s)	9,1 ± 8,1
Temperatura central (°C)	36,7 ± 1,1
Pressão arterial média (mmHg)	82 ± 17
Saturação arterial por oximetria (%)	96 ± 3

APACHE II - Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II; SOFA - Simplified Acute Physiology Score. Resultados expressos por média ± desvio-padrão ou n.

O tempo médio necessário para que ambas as variáveis atingissem a mesma dosagem foi de 100 segundos e 95 segundos para StO₂ com sondas de 15mm e 25mm, respectivamente. Ao usar 100 segundos como referência de tempo, empregou-se a linha descendente da taxa de StO₂ da OV para selecionar a taxa de StO₂ exata após 100 segundos da OV. Essa taxa foi então registrada e comparada com a de ScvO₂. A tabela 2 mostra os parâmetros da taxa de ScvO₂ e os da de StO₂ derivados da OV e estratificados de acordo com o tipo de sonda da taxa de StO₂. A taxa de 100-StO₂ significativamente correlacionou-se com a de ScvO₂, e a análise de concordância entre métodos de Bland-Altman revelou concordância relevante para ambas as sondas (Figura 2). Não houve diferenças entre a taxa de ScvO₂ e a de 100-StO₂ no primeiro e no segundo dia (não houve análise no terceiro dia, pois apenas dois pacientes realizaram uma terceira dosagem - Figura 3).

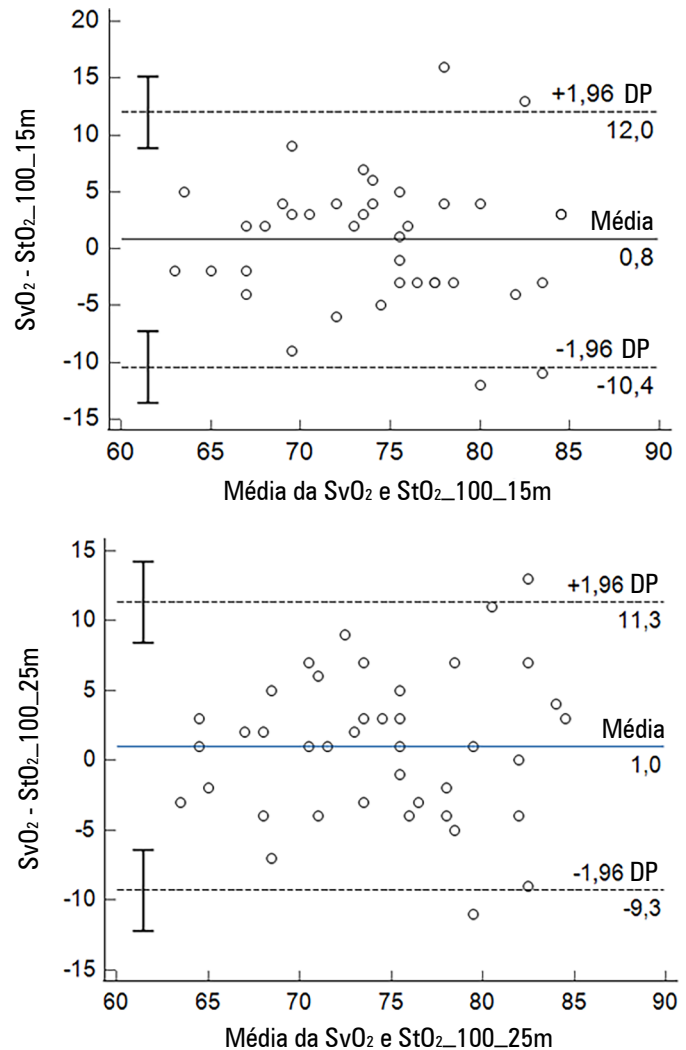
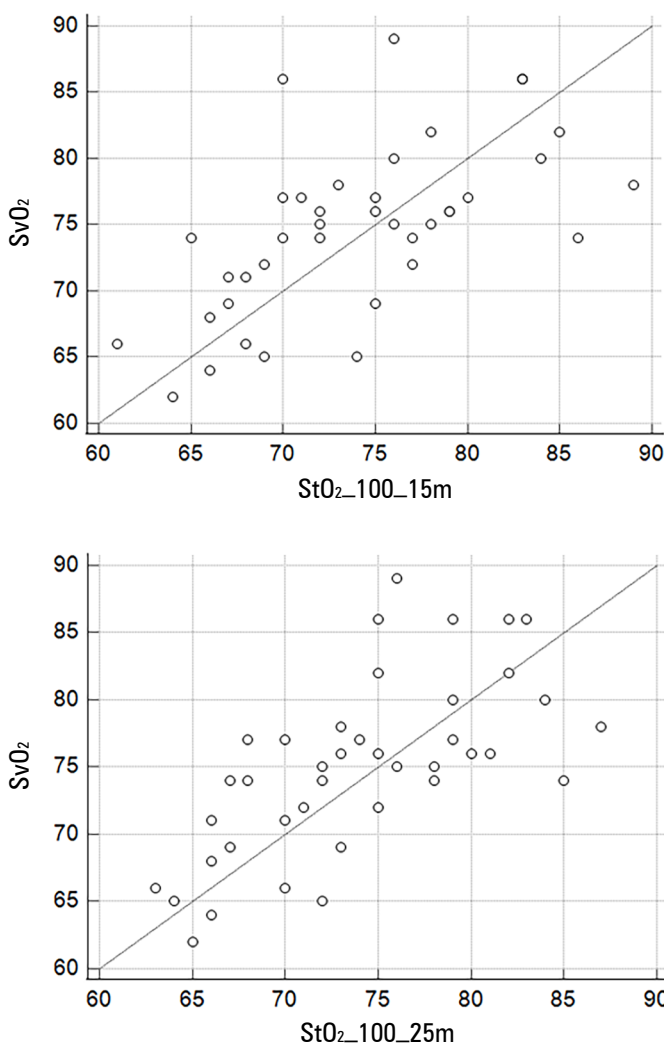


Figura 2 - Análise de concordância entre métodos de Bland-Altman entre a saturação venosa de oxigênio central e a saturação tecidual de oxigênio (sondas de 15mm e 25mm) após 100 segundos do teste de oclusão venosa em pacientes.

SvO₂ - saturação venosa de oxigênio; StO₂ - saturação tecidual de oxigênio; DP - desvio-padrão.

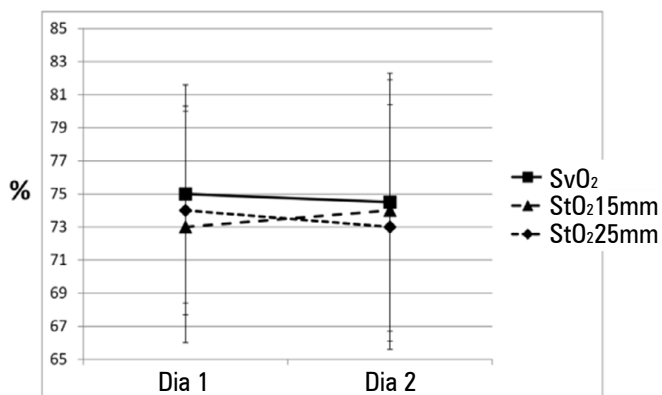


Figura 3 - Saturação tecidual de oxigênio após 100 segundos de oclusão venosa para o rastreamento da saturação venosa de oxigênio central por ambas as sondas no segundo dia.

SvO₂ - saturação venosa de oxigênio; StO₂ - saturação tecidual de oxigênio.

Foi encontrada uma correlação significativa entre a taxa de ScvO₂ e a de r-StO₂ (sonda de 15mm: R² = 0,46; p = 0,003; sonda de 25mm: R² = 0,36; p = 0,02) ou a taxa de m-StO₂ (sonda de 15mm: R² = 0,41; p = 0,008; sonda de 25 mm: R² = 0,32; p = 0,04). Em repouso, as taxas de ScvO₂ foram menores que as de StO₂, mas maiores que as de StO₂ mínimas (Tabela 2).

DISCUSSÃO

A principal conclusão deste estudo é a de que a SvO₂ periférica após a realização de um TOV se correlaciona moderadamente com a taxa de ScvO₂. Além disso o tempo de equalização de ambas as taxas estava próximo a 100 segundos. Esse pode ser um método que pode avaliar a taxa de StO₂ periférica de forma não invasiva e pode ser repetido a cada poucos minutos, além de ajudar a estimar a taxa de ScvO₂ ou sua tendência.^(11,12,14,15) Em particular, Yoxall et al. e Wardle et al. investigaram há duas décadas a dosagem da taxa de saturação venosa de hemoglobina periférica usando a NIRS após a OV do antebraço com OV parcial, para rastrear mudanças no equilíbrio entre a demanda e o consumo global de oxigênio em bebês prematuros e adultos.^(11,12,15)

A primeira parte do estudo avaliou a tolerabilidade ao TOV em voluntários saudáveis. Observamos que o TOV foi bem tolerado até a obtenção de uma linha de platô da taxa de StO₂, mesmo após mais de 7 minutos. Com base nesse resultado, identificou-se um tempo de OV adequado de 5 minutos para ser usado nos pacientes. Considerou-se que esse tempo seja razoável para obter a equalização da taxa de StO₂ e da de ScvO₂ nos pacientes deste estudo. Semelhantemente a Yoxall et al., demonstrou-se que o TOV era seguro e viável.^(11,12)

Houve correlação moderada entre a taxa de StO₂ e a de ScvO₂ após 100 segundos da realização do TOV. O tempo médio necessário para que a taxa de StO₂ se igualasse à de ScvO₂ para a maioria dos pacientes foi bastante curto (~100 segundos), muito inferior à duração predefinida de 5 minutos de OV, o que torna o TOV bastante preciso e seguro. As taxas de ScvO₂ e de 100-StO₂ foram bem correlacionadas e sem discrepâncias significativas para ambas as sondas, o que reforça a utilização da taxa de StO₂ após a realização de TOV como uma forma de estimar a taxa de ScvO₂.

Tanto a taxa de r-StO₂ quanto a de m-StO₂ estavam significativamente correlacionadas com a de ScvO₂, mas a relação era ligeiramente fraca. Outros pesquisadores encontraram resultados semelhantes em repouso, particularmente em pacientes não sépticos, nos quais as capacidades de extração de oxigênio são preservadas.^(10,16) Estudos experimentais e clínicos sobre choque hipovolêmico mostram que taxas de StO₂ se correlacionam com variáveis de fluxo sistêmico.^(10,17-20) Entretanto, há incerteza em relação a essa correlação quando o paciente está séptico devido a capacidades alteradas de extração de oxigênio, como mostrado após isquemia estagnada.⁽¹⁶⁾ De fato, metade dos pacientes deste estudo estavam sépticos, o que poderia explicar a correlação limitada encontrada neste estudo.

Antes da realização do TOV, as taxas de ScvO₂ eram menores que as de r-StO₂, o que é explicado por dois mecanismos. Em primeiro lugar, o compartimento arterial periférico está intacto antes da isquemia estagnada.⁽²¹⁾ Em segundo lugar, os pacientes terminais, principalmente os sépticos, apresentam elevação da taxa de StO₂, porque é comum a redução da extração celular de oxigênio.^(22,23) Por sua vez, após o TOV, as taxas de m-StO₂ diminuíram consideravelmente. Especula-se que a taxa de StO₂ cai abaixo da de ScvO₂ durante o TOV, porque a taxa de StO₂ está relacionada não somente ao consumo de oxigênio, mas também à vasoconstrição reativa que ocorre durante a oclusão vascular.⁽²⁴⁾ Portanto, a diminuição da taxa de StO₂ deve-se a dois fatores: VO₂ muscular e vasoconstrição reativa, que induz ao declínio mais acentuado da taxa de StO₂, principalmente o componente arterial.

Não se avaliaram se as mudanças dinâmicas na taxa de ScvO₂ (por exemplo, após uma ressuscitação volêmica) foram seguidas por mudanças semelhantes na taxa de 100-StO₂ ou na de m-StO₂. Entretanto, a taxa de 100-StO₂ rastreou a de ScvO₂ no segundo dia. Não foi possível avaliar essa relação no terceiro dia porque apenas dois pacientes foram seguidos no terceiro dia. Este resultado, embora imperfeito para avaliar mudanças agudas na taxa de ScvO₂, sugere que a razão entre a taxa de 100-StO₂ e a de ScvO₂ não é afetada pela condição clínica do paciente.

Poderia ser interessante estudar essa relação em pacientes durante a ressuscitação aguda, pois os pacientes deste estudo foram parcial ou totalmente ressuscitados, como se pode verificar pelas taxas médias normais de ScvO₂ e de lactato.

É importante enfatizar que os resultados da saturação tecidual encontrados no músculo tenar de uma mão podem não ser reprodutíveis na outra se as condições de demanda e/ou consumo de oxigênio forem diferentes. A saturação venosa regional ou periférica só pode ser extrapolada como sendo taxa de ScvO₂ se os pacientes tiverem que espelhar pelo menos a saturação venosa da parte superior do corpo.

Este estudo tem algumas limitações que devem ser reconhecidas. Primeiro, não foram realizadas dosagens durante alterações na taxa de extração de oxigênio para investigar se a taxa de StO₂ rastreará rapidamente as mudanças na taxa de ScvO₂ após a realização de TOV. É bem conhecido que alterações significativas na taxa de StO₂ poderiam ocorrer após uma intervenção que induzisse à isquemia e à reperfusão.⁽²⁵⁾ O foco do presente estudo, entretanto, era avaliar a relação entre a taxa de StO₂ e a de ScvO₂ após um TOV em um único momento. Em segundo lugar, não foram medidas mudanças na temperatura ambiente à beira do leito de cada paciente. De qualquer forma, a UTI consiste em quartos privativos fechados, e a temperatura ambiente em cada quarto de paciente foi controlada individualmente em 22 °C. Por último, a duração de 5 minutos do TOV se baseou nos resultados dos voluntários, mas não se sabe se ele é adequado em condições de doença heterogênea. Não há sustentação na literatura para mostrar qual método de TOV é melhor ou mais confiável para avaliar a relação entre a taxa de ScvO₂ e a de SvO₂ periférica. Além disso, escolheu-se arbitrariamente usar a taxa de 100-StO₂, com base em nas descobertas em voluntários saudáveis. A presente estratégia deve ser testada em diferentes cenários. Portanto, os resultados deste estudo não podem ser estendidos a outros estudos que tenham abordado a relação entre a razão de entre a taxa de ScvO₂ e a de StO₂.^(11,12,14,15)

Estabeleceu-se a utilidade do monitoramento da taxa de StO₂ após a realização de TOV em pacientes terminais. Descobriu-se que a taxa de ScvO₂ e a de StO₂ estão correlacionadas, embora as taxas de StO₂ sejam acompanhadas por alterações na circulação periférica, indicando que as anormalidades da taxa de StO₂ estão relacionadas à hemodinâmica micro e macrocirculatória. Assim, não é surpreendente que a correlação entre ambos os parâmetros seja imperfeita, porém ainda é de utilidade clínica.

CONCLUSÃO

Este estudo mostrou a viabilidade de dosagens não invasivas frequentes da taxa de saturação venosa de oxigênio periférica como uma forma de estimar a taxa de saturação venosa de oxigênio central após a realização de um teste de oclusão venosa. Entretanto, ainda não é aconselhável recomendar a estimativa de taxas de saturação venosa de oxigênio absolutas para qualquer paciente com base unicamente na dosagem da taxa de saturação tecidual de oxigênio após a realização de um teste de oclusão venosa não invasivo, uma vez que a correlação foi apenas moderada. Outros estudos clínicos são necessários antes de ser considerado um complemento útil para o ambiente de monitoramento clínico.

REFERÊNCIAS

1. Friedman G, Alves FA, Weingartner R, Oliveira E, Oliveira ES, Azambuja LA. Choque séptico e SvO₂: revisão e análise da literatura. *Rev Bras Ter Intensiva*. 1996;9(1):19-24.
2. Scheinman MM, Brown MA, Rapaport E. Critical assessment of use of central venous oxygen saturation as a mirror of mixed venous oxygen in severely ill cardiac patients. *Circulation*. 1969;40(2):165-72.
3. Reinhart K, Rudolph T, Bredle DL, Hannemann L, Cain SM. Comparison of central-venous to mixed-venous oxygen saturation during changes in oxygen supply/demand. *Chest*. 1989;95(6):1216-21.
4. Teixeira C, da Silva NB, Savi A, Vieira SR, Nasi LA, Friedman G, et al. Central venous saturation is a predictor of reintubation in difficult-to-wean patients. *Crit Care Med*. 2010;38(2):491-6.
5. Reinhart K, Kuhn HJ, Hartog C, Bredle DL. Continuous central venous and pulmonary artery oxygen saturation monitoring in the critically ill. *Intensive Care Med*. 2004;30(8):1572-8.
6. Chien LC, Lu KJ, Wo CC, Shoemaker WC. Hemodynamic patterns preceding circulatory deterioration and death after trauma. *J Trauma*. 2007;62(4):928-32.
7. Poeze M, Solberg BC, Greve JW, Ramsay G. Monitoring global volume-related hemodynamic or regional variables after initial resuscitation: what is a better predictor of outcome in critically ill septic patients? *Crit Care Med*. 2005;33(11):2494-500.
8. Lima A, Bakker J. Near-infrared spectroscopy for monitoring peripheral tissue perfusion in critically ill patients. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2011;23(3):341-51.
9. Lima A, van Bommel J, Jansen TC, Ince C, Bakker J. Low tissue oxygen saturation at the end of early goal-directed therapy is associated with worse outcome in critically ill patients. *Crit Care*. 2009;13 Suppl 5(Suppl 5):S13.
10. Mozina H, Podbregar M. Near-infrared spectroscopy during stagnant ischemia estimates central venous oxygen saturation and mixed venous oxygen saturation discrepancy in patients with severe left heart failure and additional sepsis/septic shock. *Crit Care*. 2010;14(2):R42.
11. Yoxall CW, Weindling AM. The measurement of peripheral venous oxyhemoglobin saturation in newborn infants by near infrared spectroscopy with venous occlusion. *Pediatr Res*. 1996;39(6):1103-6.
12. Yoxall CW, Weindling AM. Measurement of venous oxyhaemoglobin saturation in the adult human forearm by near infrared spectroscopy with venous occlusion. *Med Biol Eng Comput*. 1997;35(4):331-6.
13. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*. 1986;1(8476):307-10.

14. Tortoriello TA, Stayer SA, Mott AR, McKenzie ED, 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. *Paediatr Anaesth*. 2005;15(6):495-503.
15. Wardle SP, Weindling AM. Peripheral fractional oxygen extraction and other measures of tissue oxygenation to guide blood transfusions in preterm infants. *Semin Perinatol*. 2001;25(2):60-4.
16. Podbregar M, Mozina H. Skeletal muscle oxygen saturation does not estimate mixed venous oxygen saturation in patients with severe left heart failure and additional severe sepsis or septic shock. *Crit Care*. 2007;11(1):R6.
17. Chaisson NF, Kirschner RA, Deyo DJ, Lopez JA, Prough DS, Kramer GC. Near-infrared spectroscopy-guided closed-loop resuscitation of hemorrhage. *J Trauma*. 2003;54(5 Suppl):S183-92.
18. Crookes BA, Cohn SM, Burton EA, Nelson J, Proctor KG. Noninvasive muscle oxygenation to guide fluid resuscitation after traumatic shock. *Surgery*. 2004;135(6):662-70.
19. McKinley BA, Marvin RG, Cocanour CS, Moore FA. Tissue hemoglobin O₂ saturation during resuscitation of traumatic shock monitored using near infrared spectrometry. *J Trauma*. 2000;48(4):637-42.
20. Moore FA, Nelson T, McKinley BA, Moore EE, Nathens AB, Rhee P, Puyana JC, Beilman GJ, Cohn SM; StO₂ Study Group. Massive transfusion in trauma patients: tissue hemoglobin oxygen saturation predicts poor outcome. *J Trauma*. 2008;64(4):1010-23.
21. Gruartmoner G, Mesquida J, Baigorri F. [Tissue oxygen saturation in the critically ill patient]. *Med Intensiva*. 2014;38(4):240-8. Spanish.
22. De Blasi RA, Palmisani S, Alampi D, Mercieri M, Romano R, Collini S, et al. Microvascular dysfunction and skeletal muscle oxygenation assessed by phase-modulation near-infrared spectroscopy in patients with septic shock. *Intensive Care Med*. 2005;31(12):1661-8.
23. Kreymann G, Grosser S, Buggisch P, Gottschall C, Matthaer S, Greten H. Oxygen consumption and resting metabolic rate in sepsis, sepsis syndrome, and septic shock. *Crit Care Med*. 1993;21(7):1012-9.
24. Lima A, van Genderen ME, Klijn E, Bakker J, van Bommel J. Peripheral vasoconstriction influences thenar oxygen saturation as measured by near-infrared spectroscopy. *Intensive Care Med*. 2012;38(4):606-11.
25. Collet M, Huot B, Barthélémy R, Damoiseil C, Payen D, Mebazaa A, et al. Influence of systemic hemodynamics on microcirculation during sepsis. *J Crit Care*. 2019;52:213-8.