

INVESTIGAÇÃO DE UM DISPOSITIVO ELETRO-ÓPTICO SIMPLIFICADO PARA MONITORAÇÃO HEMODINÂMICA

Guido Santos de Almeida Jr.¹, Alessandro Correa Mendes¹, Ana Maria do Espirito Santo¹, Airton Abraão Martin¹

¹Universidade do Vale do Paraíba/Laboratório de Espectroscopia Vibracional Biomédica, Av. Shishima Hifumi, 2911, 12244-000, São José dos Campos - SP, guido@univap.br

Resumo - A monitoração da saturação de oxigênio (SO_2) no sangue expressa o equilíbrio entre a oferta e consumo de oxigênio, sendo obtida de forma direta, através do uso de oxímetros conectados a cateteres de artéria pulmonar (CAP). Este tipo de dispositivo, além do valor da SO_2 , fornece também outros parâmetros hemodinâmicos, porém seu custo é elevado. O presente estudo propõe verificar a viabilidade do desenvolvimento futuro de um dispositivo simplificado dedicado à monitoração da SO_2 , utilizando-se a espectrofotometria de espalhamento, a custos reduzidos comparativamente aos equipamentos atualmente utilizados. Com este propósito, foram utilizadas amostras de sangue bovino nas quais variou-se a SO_2 para avaliação do desempenho do dispositivo desenvolvido. Os resultados obtidos demonstraram boa sensibilidade na detecção das variações da SO_2 , sugerindo a viabilidade de desenvolvimento de um equipamento baseado no dispositivo investigado.

Palavras-chave: monitoração hemodinâmica, saturação sanguínea, perfusão tecidual.

Área do Conhecimento: III - ENGENHARIAS

Introdução

A troca de moléculas gasosas através de membranas permeáveis (respiração) é um fenômeno físico essencial à manutenção da vida. A finalidade biológica da respiração é fornecer oxigênio (O_2) e remover o dióxido de carbono (CO_2) das células. A oxigenação dos tecidos pode ser considerada a finalidade primária da respiração pelo processo da troca gasosa molecular na interface sangue-tecido, ou seja, a perfusão. Este processo é essencial para a manutenção do metabolismo celular e fatores como o potencial hidrogeniônico (pH), a pressão parcial de oxigênio (pO_2) e a pressão parcial de dióxido de carbono (pCO_2) são importantes na regulação da perfusão (SHAPIRO et al., 1980).

A monitoração da saturação de oxigênio (SO_2) permite avaliar a relação entre a oferta e o consumo sistêmicos de oxigênio. Valores entre 65-75% indicam uma relação adequada entre a oferta e o consumo (SILVA et al., 2001). A perfusão tecidual e celular de oxigênio é avaliada pela monitoração dos níveis de O_2 no sangue venoso da artéria pulmonar. Esta avaliação pode ser feita de duas formas: *i*) em amostras de sangue (*in-vitro* ou indireta) por meio de equipamentos laboratoriais de gasometria, ou *ii*) de forma direta e contínua (*in-vivo* ou contínua) pela utilização de um cateter de artéria pulmonar (CAP) que, além da quantidade de O_2 presente no sangue, fornece múltiplas informações sobre outros parâmetros hemodinâmicos.

A monitoração indireta, geralmente, calcula a SO_2 pela curva padrão de dissociação da hemoglobina, utilizando algoritmos que corrigem os desvios da curva para valores conhecidos, como o potencial hidrogeniônico (pH), pressão parcial de oxigênio (pO_2) pressão parcial de gás carbônico (pCO_2), e a temperatura do paciente (TORRES, 2003). Por outro lado, os equipamentos e cateteres de artéria pulmonar utilizados na monitoração sanguínea de forma contínua não estão amplamente disponíveis em centros hospitalares, sendo normalmente utilizados apenas em unidades de terapia intensiva (UTI's), pois apresentam custos elevados (AMARAL; PARK, 2004).

No Brasil, um estudo mostra que 25% dos pacientes em UTI apresentam diagnóstico de sepse grave e choque séptico (SILVA et al., 2004). Apesar da evidente importância do controle da SO_2 para interferências terapêuticas em pacientes chocados, este procedimento ainda não é amplamente utilizado nos centros de emergência de hospitais públicos. Rivers et al. (2001) demonstraram que o tratamento precoce guiado por objetivos, procurando-se manter a concentração de oxigênio acima de 70% em pacientes admitidos na emergência, apresenta benefícios significativos na terapia e redução da mortalidade.

O presente trabalho propõe verificar a viabilidade de desenvolvimento de um dispositivo simplificado e de baixo custo dedicado apenas à mensuração de oxigênio no sangue, utilizando-se a espectrofotometria de espalhamento. Com o

avanço da tecnologia, dispõe-se de componentes eletro-ópticos compactos e versáteis a custos reduzidos, com precisão e estabilidade melhoradas.

A disponibilidade de um equipamento com tais características virá contribuir na redução da morbimortalidade em pacientes chocados nos atendimentos de urgência em unidades hospitalares.

Materiais e Métodos

Preparação das amostras: Os testes de SO_2 , foram realizados utilizando-se sangue bovino coletado imediatamente após o abate dos animais em frigorífico, conservado em recipiente adequado e previamente preparado com heparina sódica (Actparin 5.000 UI/mL - Bergamo) diluída em solução fisiológica a 0,9% para evitar sua coagulação. O percentual de hematócritos nas amostras foi estimado pela leitura direta em gráfico padronizado. Para esta finalidade, as amostras foram colocadas em capilares de quartzo com 1 mm de diâmetro e 75 mm de comprimento, selados com chama de fogo em uma das extremidades. A separação das partes sólida e líquida foi feita por centrifugação dos capilares a 9.000 rpm durante 5 minutos. O teor de hematócritos nas amostras foi mantido em 40%. Quando necessário, a amostra de sangue foi diluída com solução fisiológica a 0,9%.

Arranjo experimental: As medidas do percentual de O_2 presente no sangue foram realizadas segundo o arranjo experimental apresentado no diagrama esquemático da Figura 1. O sistema é composto por dois módulos: O primeiro módulo representa um sistema simplificado de circulação extracorpórea, constituído por um dispositivo de troca gasosa, uma bomba centrífuga, mangueiras e conexões específicas. O segundo módulo é composto por um dispositivo eletro-óptico para emissão e coleta dos sinais luminosos. Foram utilizados diodos emissores de luz (LED's) como fontes de excitação na região espectral do vermelho (λ_1) e infravermelho (λ_2). A luz incidente e sua componente retroespalhada (λ_e) foram guiadas por fibras ópticas. Os sinais foram coletados por um detector tipo fotodiodo. O dispositivo eletro-óptico foi conectado ao primeiro módulo pela via distal de um cateter venoso central de duplo lúmen, com diâmetro de 2,4 mm e 20 cm de comprimento. A via proximal foi utilizada para as coletas de amostras de sangue destinadas ao exame de gasometria laboratorial (equipamento RapidLab 248, Bayer).

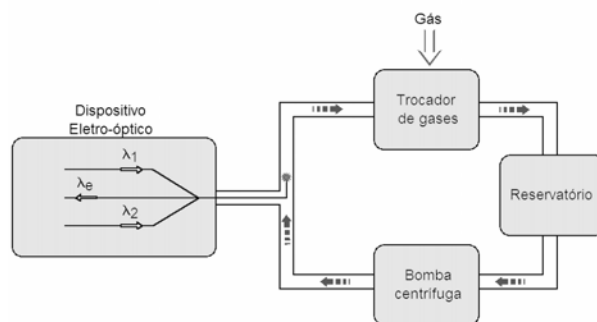


Figura 1- Diagrama esquemático do arranjo experimental para verificação da saturação de oxigênio (SO_2) em sangue bovino.

Parâmetros experimentais: Após o armazenamento do sangue no reservatório do módulo 1, a bomba centrífuga foi ajustada para uma vazão entre 3-5 l/min. A saturação de oxigênio no sangue foi variada pelo fluxo controlado de O_2 , N_2 ou CO_2 , e os valores dos parâmetros sanguíneos pH, pCO_2 e EB (excesso de base) foram ajustados para a faixa fisiológica como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1- Faixa fisiológica dos parâmetros sanguíneos

Parâmetro	Faixa Fisiológica
pH	7,35 – 7,45
PCO_2	35 – 45 mmHg
EB	+2 e -2

Resultados

A Figura 2 mostra as curvas das intensidades dos sinais coletados pelo dispositivo eletro-óptico correspondentes aos comprimentos de onda de excitação - vermelho (V) e infravermelho (IV) - conforme a variação da SO_2 no sangue no intervalo de 50 a 100%.

A Figura 3 mostra a relação entre as intensidades dos sinais coletados (V/IV) em função da SO_2 . Os dados obtidos nos experimentos foram introduzidos e tratados utilizando-se o software OriginPro® 7.0. Foi feito um ajuste linear dos pontos experimentais obtidos para expressar a correlação entre o sinal coletado e a saturação de oxigênio. Neste ajuste foi obtido um coeficiente de regressão de 0,98.

As variações das intensidades dos sinais coletados mostraram boa reprodutibilidade e são consistentes quando comparados aos valores de SO_2 obtidos por gasometria laboratorial.

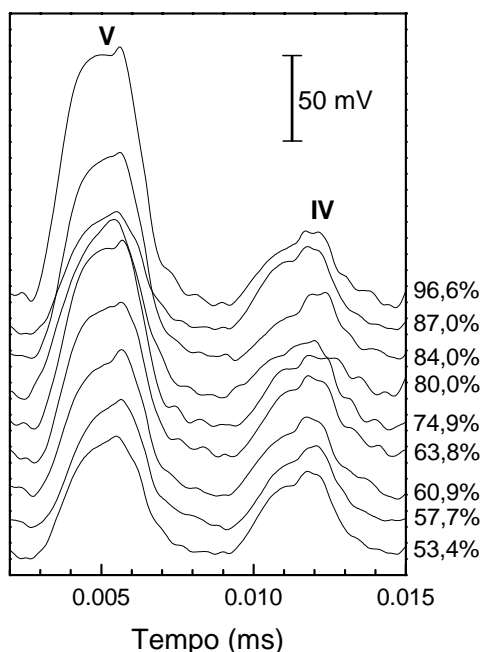


Figura 2: Curva dos sinais coletados na região do vermelho (V) e infravermelho (IV) em função da saturação de oxigênio em amostra de sangue bovino.

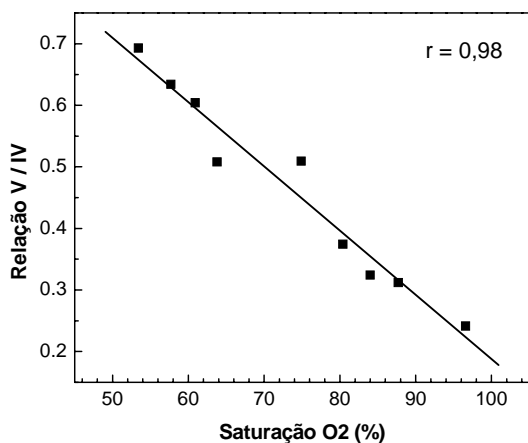


Figura 3: Relação entre as intensidades de sinais (V/IV) coletados em função da saturação de oxigênio em amostra de sangue bovino.

Os resultados obtidos pelo dispositivo eletro-óptico proposto foram comparados aos obtidos pelo oxímetro comercial modelo Vigilance, (Edwards) que também utiliza a técnica de espectrofotometria de espalhamento. As medidas foram efetuadas simultaneamente utilizando-se a mesma amostra. A relação entre os resultados obtidos é mostrada na Figura 4.

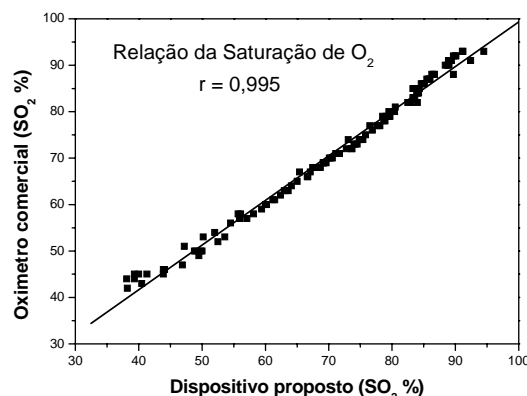


Figura 4: Relação entre a saturação de oxigênio obtida pelo dispositivo proposto e por oxímetro comercial, em amostra de sangue bovino.

Discussão

O dispositivo eletro-óptico desenvolvido neste trabalho demonstrou maior sensibilidade às variações da SO_2 no sangue na região espectral do vermelho do que na região espectral do infravermelho. Conforme relatado por Horecker et al. (1943), a faixa espectral do vermelho apresenta maior sensibilidade à variação da SO_2 enquanto a faixa espectral do infravermelho apresenta pequena sensibilidade à variação da SO_2 , devido às características da absorção da hemoglobina oxigenada (HbO_2) e da hemoglobina desoxigenada (Hb) ao longo do espectro eletromagnético.

O ajuste linear dos valores experimentais que expressam a correlação entre a relação das intensidades (V/IV) com valores da SO_2 apresenta padrão de distribuição coerente com o reportado na literatura (POLANYI, 1962).

Um ajuste apurado, com coeficiente de regressão mais próximo da unidade, pode ser obtido aumentando-se o número de medidas da SO_2 dentro da faixa entre 50 e 100%.

Os resultados obtidos com o dispositivo eletro-óptico nos ensaios *in vitro* utilizando-se sangue bovino num sistema de circulação extracorpórea, apresentaram-se adequados, embora seja um estudo preliminar de investigação para futura aplicação em procedimento dedicado da monitoração do valor da SO_2 .

Conclusão

Os resultados obtidos neste trabalho sugerem a viabilidade do desenvolvimento de um sistema simplificado, dedicado e de baixo custo para a monitoração da saturação de O_2 no sangue.

Referências

- AMARAL, A.C.K.; PARK,M. Monitoração do balanço entre oferta e consumo de oxigênio na síndrome do choque. Uma revisão sobre o significado fisiopatológico e clínico da saturação venosa central e da saturação venosa mista de oxigênio. **RBTI-Revista Brasileira de Terapia Intensiva** V.16, n. 4, p. 119-123, 2004.

- POLANYI, M.L.; HEHIR, R.M. *In Vivo* Oximeter with Fast Dynamic Response. **Rev. Sci. Instr.** V.33, n.10, p.1050-1054, 1962.

- RIVERS, E., NGUYEN B., HAYSTAD, S., RESSLER, J., MUZZIN, A., KNOBLICH, B., PETERSON, E., TOMLANOVICH, M. (2001) "Early-goal directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic chock" **The New England Journal of Medicine**, v. 345, n. 19, p. 1368-1377.

- SHAPIRO, B.A.; HARRISON, R.A.; WALTON, J.R. Aplicações Clínicas dos Gases Sanguíneos. 2. ed. Rio de Janeiro: Cultura Médica, 1980.
Silva, E., Garrido, A.G., Assunção, M.S.C. (2001) "Avaliação da perfusão percentual no choque" **Medicina, Ribeirão Preto**, v.34, p. 27-35.

- SILVA, E.; PEDRO, M.A.; SOGAYAR, A.C.B.; MOHOVIC, T.; Silva, C.L.O.; JANISZEWSKI, M.; CAL, R.G.R.; SOUZA, E.F., ABE, T.P., ANDRADE, J., MATOS, J.D., REZENDE, E., ASSUNÇÃO, M., AVEZUM, A., ROCHA, P.C.S., MATOS, G.F.J., BENTO, A.M., CORRÊA, A.D., VIEIRA, P.C.B., KNOBEL, E. (2004) "Brazilian Sepsis Epidemiological Study (BASES study)" **Critical Care**, v. 8, n. 4, p. R251-R260.

- TORRES, R. B. Avaliação do transporte de oxigênio e da concentração do 2,3-DPG em pacientes com traumatismo craniencefálico grave submetidos ao controle da hipertensão intracraniana por um protocolo de ventilação otimizada. 2003. 41f. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Ciências Médicas, Universidade Estadual de Campinas, 2003.