



TUTORIAL DE ANESTESIA DA SEMANA OXIMETRIA DE PULSO – PARTE 1

Dr. Iain Wilson
Royal Devon & Exeter Hospital, UK
Correspondence to iain.wilson@rdefn.nhs.uk

Tradução autorizada do ATOTW #123 realizada por Dra. Gabriela Nerone e Dra. Maria Eduarda Dias Brinhosa, Hospital Governador Celso Ramos, Brasil. Correspondência para sba@sba.com.br

INTRODUÇÃO

A WFSA tem investido em informação sobre oximetria de pulso e o presente tutorial é parte deste material. Comentários são bem-vindos e devem ser encaminhados a iain.wilson@rdefn.nhs.uk.

A oximetria de pulso é utilizada diariamente em nossos centros cirúrgicos e salas de recuperação. Quanto você sabe sobre como um oxímetro funciona? Antes de ler o tutorial, gostaríamos de que você avaliasse seu conhecimento sobre a oximetria de pulso. As respostas corretas estão na segunda parte do tutorial.

Como o oxigênio é transportado da atmosfera aos tecidos?

Qual é a saturação normal de oxigênio no sangue arterial?

O que é pré-oxigenação?

Um paciente submetido a anestesia geral para herniorrafia apresenta saturação de oxigênio de 82% durante a cirurgia. Essa leitura é alta ou baixa? Deve-se tomar alguma atitude?

OXIGÊNIO

Seres humanos dependem de oxigênio (O₂) para viver. Todos os órgãos requerem oxigênio para o seu metabolismo, porém o cérebro e o coração são particularmente sensíveis à sua falta. A escassez de oxigênio no organismo é denominada hipóxia. Hipóxia extrema por alguns minutos é fatal.

Durante a anestesia, a via aérea do paciente pode ser obstruída, sua ventilação pode ser deprimida, sua circulação pode ser afetada por perda sanguínea ou um ritmo cardíaco anormal ou podem ocorrer acidentes com o equipamento de anestesia, como desconexão acidental ou obstrução do circuito ventilatório. Esses fatores podem resultar em redução na entrega de oxigênio aos tecidos que, se não for manejada corretamente, pode levar à morte ou a sequelas. Quanto mais precocemente o anestesista detectar o problema, mais rapidamente pode-se resolvê-lo de maneira que não haja prejuízo para o paciente.

TRANSPORTE DE OXIGÊNIO AOS TECIDOS

O oxigênio é transportado no organismo ligado a uma proteína que contém ferro chamada hemoglobina (Hb), contida nas hemácias. Após a inspiração de oxigênio para os pulmões, ele se combina à hemoglobina à medida que as hemácias percorrem os capilares pulmonares. O coração bombeia sangue continuamente através do organismo para entregar oxigênio aos tecidos. Cinco fatores importantes são necessários para que haja entrega adequada de oxigênio aos tecidos:

- O oxigênio deve ser inspirado do ar ou do circuito de anestesia até os pulmões;
- O₂ deve atravessar dos alvéolos para o sangue. Isso é denominado “troca gasosa alveolar”, ou “hematose”;
- O sangue deve conter hemoglobina suficiente para transportar O₂ suficiente para os tecidos;
- O coração deve ser capaz de bombear sangue suficiente até os tecidos para suprir a demanda de O₂ do paciente;
- O volume de sangue na circulação deve ser adequado para assegurar que sangue oxigenado seja distribuído a todos os tecidos.

Em um paciente em boas condições clínicas:

- Cada grama de hemoglobina transporta aproximadamente 1,34ml de O₂. Assim, 100ml de sangue com uma concentração normal de hemoglobina de 15g/dl carrearão aproximadamente 20ml de oxigênio ligado à hemoglobina. Além disso, uma pequena quantidade de O₂ é dissolvida no sangue.
- O coração normalmente bombeia 5000ml de sangue por minuto até os tecidos em um adulto de médio porte. Isso resulta em entrega de cerca de 1000ml de oxigênio aos tecidos por minuto.
- As células nos tecidos extraem oxigênio do sangue para seu metabolismo, geralmente aproximadamente 250ml de oxigênio por minuto. Isso significa que, se não houver troca gasosa nos pulmões, o oxigênio armazenado no sangue é suficiente para apenas cerca de 3 minutos (apenas 75% do oxigênio ligado à hemoglobina está disponível para os tecidos).
- A ventilação com oxigênio a 100% previamente à indução da anestesia (pré-oxigenação) aumenta o **estoque de oxigênio nos pulmões**. Caso um paciente pare de respirar e não seja ventilado, a quantidade de oxigênio nos pulmões diminuirá rapidamente. Se o paciente tiver recebido oxigênio a 100% por vários minutos antes da indução da anestesia, a reserva aumentada suprirá quantidade essencial de oxigênio, potencialmente adicionando minutos que podem salvar sua vida. Existem muitas situações em que esse pode ser o caso. Outros exemplos seriam o de uma gestante, em quem o útero aumentado reduz a capacidade residual funcional e a demanda metabólica aumenta devido ao feto, e o de crianças, que têm pequenos volumes pulmonares e alta demanda metabólica. Elas consomem oxigênio muito rapidamente e podem ser resistentes a esforços de pré-oxigenação.
- Pacientes anêmicos têm níveis diminuídos de hemoglobina e portanto são incapazes de transportar tanto oxigênio no sangue quanto um paciente saudável. Concentrações de hemoglobina menores que 6g/dl podem implicar oferta de oxigênio insuficiente para suprir a demanda metabólica. Pacientes que sofreram perda sanguínea grave durante procedimentos cirúrgicos e se tornaram agudamente anêmicos devem ser ventilados com O₂ a 100% - isso aumentará a quantidade de oxigênio dissolvido no sangue e resultará em melhora discreta da oferta de oxigênio aos tecidos. A transfusão de sangue pode salvar vidas.

O QUE É SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO?

Hemácias contêm hemoglobina. Cada molécula de hemoglobina pode carregar até quatro moléculas de oxigênio, situação na qual é descrita como “saturada” de oxigênio. Se todos os sítios de ligação na molécula de hemoglobina estão carregando oxigênio, a saturação é 100%. A maior parte da hemoglobina se liga ao oxigênio à medida em que passa pelos pulmões. Um indivíduo saudável, com pulmões saudáveis, respirando ar ambiente, terá uma saturação arterial de oxigênio de 95 a 100%. Sangue venoso coletado dos tecidos contém menos oxigênio tem normalmente uma saturação em torno de 75%. (Vide apêndice 1 para mais detalhes sobre esse assunto).

O sangue arterial é de coloração vermelho-vivo, enquanto o sangue venoso é vermelho escuro. A diferença de tom é devida à diferença na saturação da hemoglobina. Quando pacientes têm boa saturação, suas mucosas e lábios são rosados; quando a saturação é baixa, assumem tom azulado. Isso é denominado cianose. Contudo, é difícil detectar clinicamente a cianose, particularmente em pacientes

de pele escura, e pode-se não notar esse sinal até que a saturação de oxigênio esteja abaixo de 90%. Em uma sala cirúrgica mal-iluminada, a detecção de cianose pode ser ainda mais difícil.

A cianose é perceptível somente quando a concentração de hemoglobina está acima de 5g/dl. Um paciente com anemia grave pode não apresentar cianose, mesmo estando gravemente hipóxico, uma vez que há muito pouca hemoglobina circulante.

Durante anestesia, a saturação de oxigênio deve sempre estar entre 95 e 100%. Se a saturação for igual ou menor que 94%, o paciente está hipóxico e deve ser tratado rapidamente. Uma saturação menor que 90% é uma emergência clínica.

Ponto-chave: A detecção clínica de cianose é difícil até que a saturação esteja abaixo de 90%. Um paciente com anemia grave pode não apresentar cianose, mesmo com saturação extremamente baixa.

QUESTÕES SOBRE O OXÍMETRO DE PULSO

As respostas corretas estão na parte 2 deste tutorial.

1. Quais são as duas variáveis que o oxímetro de pulso mede?
2. O que aparece na tela do oxímetro de pulso?
3. Um oxímetro é composto por duas partes. Quais são elas?

O QUE O OXÍMETRO DE PULSO AFERE?

O monitor do oxímetro de pulso exibe DOIS valores numéricos:

- A saturação de oxigênio da hemoglobina do sangue arterial. O valor da saturação de oxigênio é fornecido juntamente com um sinal audível que varia de timbre dependendo do valor da saturação. Um timbre reduzido significa saturação de oxigênio diminuída. Tendo em vista que o oxímetro detecta a saturação periféricamente em um dedo da mão, dedo do pé ou lóbulo do ouvido, o resultado é registrado como saturação periférica de oxigênio, descrita como SpO₂.
- A frequência de pulso em batimentos por minuto, uma média calculada a cada 5 a 20 segundos. Alguns oxímetros exibem uma onda de pulso ou um indicador que ilustra a força do pulso detectado. Esse dado indica que os tecidos estão bem perfundidos. A intensidade do sinal e o formato da onda diminuem quando a circulação se torna inadequada.

O OXÍMETRO DE PULSO

O oxímetro de pulso é composto por um monitor com bateria e visor, e o sensor que detecta o pulso. A imagem abaixo mostra um oxímetro de pulso típico. O visor mostra que a SpO₂ é 98% e que a frequência de pulso é 72bpm.



Figura 1. O monitor do oxímetro de pulso

O monitor contém o microprocessador e o visor. O visor mostra a saturação de oxigênio, a frequência de pulso e a onda de pulso (ou indicador de pulso) detectados pelo sensor, que conecta o paciente ao monitor.

Durante o uso, o monitor atualiza seus cálculos regularmente no intuito de fornecer uma leitura imediata da saturação de oxigênio e frequência de pulso. A onda de pulso é exibida continuamente para fornecer informações sobre a circulação. O bip audível muda de timbre de acordo com o valor da saturação e é um importante atributo de segurança. O timbre diminui à medida em que a saturação diminui, e aumenta à medida em que a saturação se recupera. Isso permite ao anestesiológista ouvir mudanças na saturação de oxigênio imediatamente, sem que seja necessário olhar para o monitor constantemente.

O monitor é delicado. É sensível a manipulações grosseiras e calor excessivo, e pode ser avariado caso se derrame líquidos sobre ele. Deve ser higienizado suavemente com um pano úmido, e quando não estiver sendo usado, deve ser conectado à rede elétrica para carregar a bateria.

O sensor do oxímetro de pulso

O sensor consiste de duas partes, os diodos emissores de luz (LED's) e um detector de luz (chamado fotodetector). Raios de luz são emitidos através dos tecidos, de um lado do sensor em direção ao outro. O sangue e os tecidos absorvem certa quantidade da luz emitida pelo sensor, e essa quantidade varia de acordo com a saturação de oxigênio da hemoglobina. O fotodetector detecta a luz transmitida à medida em que o sangue pulsa através dos tecidos, e o microprocessador calcula um valor para a saturação de oxigênio (SpO₂).

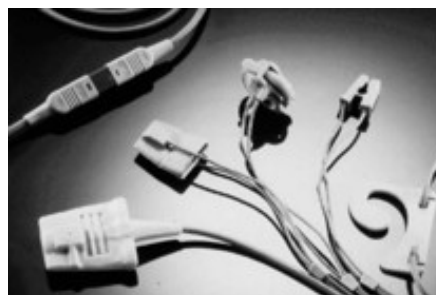
Para que o oxímetro de pulso funcione, o sensor deve ser colocado sobre um local onde o pulso possa ser detectado. Os LED's devem ser posicionados de frente ao fotodetector para que este possa detectar a luz que atravessa os tecidos. O sensor emite uma luz vermelha quando está ligado; deve-se verificar a presença dessa luz para que o sensor esteja funcionando corretamente.

Os sensores são desenvolvidos para uso em dedos da mão, do pé ou lóbulo do ouvido. São de diferentes tipos, como pode-se verificar nas imagens abaixo. Sensores articulados são os mais comumente usados, porém são pouco resistentes a danos. Os sensores de borracha são provavelmente os mais resistentes. O modelo que envolve o dedo pode promover estase sanguínea se for muito justo para o dedo do paciente. Modelos para lóbulo do ouvido são leves e úteis em crianças ou pacientes muito vasoconstritos. Foram desenvolvidos sensores pequenos para crianças, mas um modelo articulado de adulto pode ser utilizado no polegar ou hálux de uma criança. Nos sensores para dedos da mão ou do pé, a orientação correta do leito ungueal é demarcada no sensor pelo fabricante.

O sensor do oxímetro é a sua parte mais delicada e é facilmente danificada. Deve-se manejá-lo com cuidado e nunca deixá-lo em local em que possa ser derrubado no chão. O sensor é conectado ao oxímetro por um cabo com vários pinos finos que podem ser facilmente danificados – vide imagem abaixo. Deve-se sempre alinhar o conector corretamente antes de tentar inseri-lo no monitor, e nunca se deve puxar o sensor do monitor através do cabo; deve-se segurar o conector firmemente entre o indicador e o polegar para puxá-lo.



Sensor articulado para dedos, mostrando conector que deve ser acoplado ao monitor alinhando a lacuna do conector ao encaixe correspondente na máquina



Sensores de borracha para dedos e sensor para lóbulo do ouvido.

Quando não estiver sendo usado, o cabo do oxímetro pode ser enrolado frouxamente para armazenamento ou transporte, porém não deve ser enrolado muito firmemente, já que isso danificará os fios metálicos no interior do cabo. A lente e o fotodetector devem ser mantidos limpos com água e sabão ou um cotonete com álcool para limpar suavemente poeira, sujeira ou sangue.

Ponto-chave: Para uma leitura adequada, o sensor deve estar emitindo a luz vermelha e deve estar corretamente posicionado para detectar fluxo sanguíneo pulsátil.

Uso prático do oxímetro de pulso

- Ligue o oxímetro: ele fará calibração interna e verificações.
- Selecione o sensor apropriado, com especial atenção ao tamanho e local de aferição (geralmente dedo da mão, do pé ou lóbulo do ouvido). Se for usado em dedo da mão ou do pé, certifique-se de que a área está limpa. Remova o esmalte das unhas.
- Posicione o sensor com cuidado; certifique-se de que ele se adapta facilmente sem estar muito solto ou muito apertado. Evite o braço que estiver sendo usado para a aferição da pressão arterial.
- Aguarde vários segundos para que o oxímetro detecte o pulso e calcule a saturação de oxigênio.
- Procure a onda de pulso ou o indicador de pulso exibidos para verificar se a máquina detectou pulso. Se não houver sinal de pulso, essas leituras não têm validade.
- Uma vez que um bom pulso tenha sido detectado, a saturação de oxigênio e frequência de pulso serão exibidos.
- Assim como todos os equipamentos, oxímetros podem ocasionalmente fornecer uma leitura falsa – caso esteja em dúvida, confie no seu julgamento clínico, e não no equipamento.
- A função do sensor pode ser verificada posicionando-o no seu próprio dedo.
- Ajuste o volume do bip do pulso para um nível que seja confortável para a sua sala cirúrgica – nunca o silencie.
- Certifique-se sempre de que os alarmes estão ligados.

Se não obtiver sinal no oxímetro após o posicionamento do sensor, verifique:

- O sensor está funcionando e corretamente posicionado? Tente posicionar em outro local.
- O paciente está mal perfundido?
- Verifique se o débito cardíaco está diminuído, especialmente devido a hipovolemia, distúrbios cardiovasculares ou choque séptico. Se houver hipotensão, o tratamento é mandatório imediatamente. O sinal melhorará quando a condição clínica do paciente melhorar.
- Verifique a temperatura do paciente. Se o paciente ou o membro onde estiver o sensor estiver frio, suave fricção do dedo ou do lóbulo do ouvido pode recuperar o sinal.

Dica: Se não estiver certo de que o sensor está funcionando corretamente, verifique posicionando-o no seu próprio dedo.

Para que os alarmes de um oxímetro de pulso podem alertar?

Os alarmes alertam o anestesista para problemas clínicos, como os seguintes:

- Saturação baixa emergencial (hipóxia), isto é, $SpO_2 < 90\%$
- Ausência de detecção de pulso
- Baixa frequência de pulso
- Alta frequência de pulso

A saturação de oxigênio em pacientes saudáveis de qualquer idade deve ser igual ou maior que 95%.

Ponto-chave: Durante a anestesia, a SpO_2 deve ser 95% ou maior. Se a SpO_2 for menor ou igual a 94%, o paciente deve ser avaliado rapidamente para identificação e tratamento da causa.

SpO₂ ≤ 90% É UMA EMERGÊNCIA CLÍNICA E DEVE SER TRATADA URGENTEMENTE.

O alarme “ausência de detecção de pulso” é comumente causado pelo deslocamento do sensor para fora do dedo, mas pode também ser desencadeado por hipotensão, hipovolemia ou parada cardíaca. Verifique o posicionamento do sensor rapidamente e em seguida avalie o paciente – ABC.

Alarmes de **frequência de pulso** são úteis para permitir ao anestesista verificar bradi ou taquicardia. Contudo, anestesistas atentos notarão o ritmo cardíaco anormal antes que o alarme soe. Crianças normalmente têm frequências cardíacas maiores que adultos, mas a saturação de oxigênio é a mesma – vide tabela abaixo.

Tabela 1. Mudanças na frequência cardíaca de acordo com a faixa etária

IDADE	FREQUÊNCIA CARDÍACA NORMAL	SpO ₂ NORMAL
Recém-nascido – 3 meses	85 – 200	Todas as idades devem ter SpO ₂ maior ou igual a 95%.
3 meses – 2 anos	100 – 180	
2 anos – 10 anos	60 – 140	
> 10 anos	50 – 100	
Adulto	50 – 100	

O alarme de taquicardia pode ser desencadeado por anestesia insuficiente, alívio da dor inadequado, atropina, cetamina, hipovolemia, febre ou arritmia. O alarme de bradicardia pode ser desencadeado por bradicardia secundária a estimulação vagal devida por exemplo a retração peritoneal, reflexo oculocardiaco ou intubação (particularmente em bebês) ou por anestesia muito profunda (particularmente halotano) ou hipóxia grave. Atletas altamente treinados ou pacientes em uso de beta-bloqueadores podem ter baixa frequência de pulso.

Que fatores podem interferir com a leitura do oxímetro de pulso?

Diversos fatores podem interferir com o correto funcionamento de um oxímetro, incluindo:

- Luz ambiente – luminosidade excessiva (como em salas cirúrgicas ou luz do dia) incidindo diretamente sobre o sensor pode afetar a leitura. Proteja o sensor da luz direta.
- Tremores (*shivering*) – o movimento pode dificultar a captação do sinal pelo sensor.
- Volume de pulso – o oxímetro detecta apenas fluxo pulsátil. Quando a pressão arterial estiver baixa devido a choque hipovolêmico ou baixo débito cardíaco ou à presença de uma arritmia, o pulso pode estar fraco demais e o sensor pode não ser capaz de detectar o sinal.
- Vasoconstrição – reduz o fluxo sanguíneo para a periferia. O oxímetro pode não detectar o sinal se o paciente estiver frio e vasoconstrito.
- Intoxicação por monóxido de carbono – resulta em uma leitura falsamente alta da saturação. O monóxido de carbono se liga fortemente à hemoglobina e desloca o oxigênio, formando um composto vermelho-vivo denominado carboxiemoglobina. Isso é mal-interpretado pelo oxímetro como oxiemoglobina e o oxímetro pode ler 100% apesar de a saturação real de oxigênio ser muito baixa e o paciente estar gravemente hipóxico. Esse é um problema em pacientes que inalaram fumaça de incêndio.

Ponto-chave: Hipovolemia é a causa mais comum de sinal fraco no oxímetro de pulso durante anestesia. Deve-se considerar também hipotermia.

O que não é aferido por um oxímetro de pulso?

Um oxímetro de pulso não fornece informações diretamente sobre frequência respiratória, volume corrente, débito cardíaco ou pressão arterial. Contudo, fornece-as indiretamente e se esses fatores resultarem em dessaturação, isso será detectado pelo oxímetro.

Ponto-chave: Oxigênio suplementar é frequentemente essencial durante a anestesia. Contudo, deve-se estar ciente de que pode mascarar os efeitos da hipoventilação. Será necessário vigilância clínica para certificar-se de que a ventilação está adequada, especialmente se um capnógrafo não estiver disponível.

Oxímetros de pulso geralmente funcionam normalmente em pacientes anêmicos. Em pacientes gravemente anêmicos, a saturação de oxigênio ainda estará normal (95-100%), porém pode não haver hemoglobina suficiente para transportar oxigênio suficiente aos tecidos. Durante a anestesia, o paciente deve receber oxigênio a 100% na tentativa de melhorar a oferta de oxigênio aos tecidos através do aumento da quantidade de oxigênio dissolvido no sangue.

A segunda parte deste tutorial será publicada na próxima semana e pode ser encontrada aqui ([LINK](#)).