

OXIMETRIA DE PULSO/CAPNOGRAFIA OXIGENAÇÃO ÓTIMA

Paulo Roberto Margotto

Doutor em Perinatologia y Desarrollo Humano pelo Centrolatinoamericano de Perinatologia y Desarrollo Humano. Diretor da Divisão de Neonatologia do Hospital Materno-Infantil de Brasília (HMIB) - SES/DF. Gerente de Curso de Mestrado e Doutorado da Fundação Hospitalar do Distrito Federal.

OXIMETRIA DE PULSO

É de suma importância a avaliação da oxigenação arterial no manuseio do RN de Alto Risco. Tem sido usada a avaliação transcutânea da PaO_2 (TcPO_2) e a saturação de O_2 , ambos métodos não invasivos. Devido a monitorização transcutânea de O_2 estar associada a lesões de pele, principalmente nos pequenos prematuros e a valores questionáveis em estados de má perfusão, tem sido valorizada a avaliação da saturação de O_2 , pois:

- é fácil de ser medida
- correlaciona-se bem com as medidas de saturação da Hemoglobina.
- indica adequado suprimento de O_2 aos tecidos
- pode indicar o “*status*” do fluxo sanguíneo aos órgãos vitais e capacidade de carrear do sangue.

Assim, pela facilidade de ser avaliada e as vantagens fisiológicas, a monitorização da saturação de O_2 (oximetria de pulso) está sendo muito usada nas

Unidades de Terapia Intensiva Neonatais.

PRINCÍPIOS DO TRANSPORTE DE O_2 :

Para compreender e aplicar a oximetria de pulso na prática, devemos recordar os princípios do transporte de O_2 e a curva de dissociação da Hemoglobina.

Expondo a Hemoglobina a tensões de O_2 crescentes, resultará em saturação da oxihemoglobina crescente até que eventualmente toda Hemoglobina esteja saturada com O_2 ($\text{Sat.} = 100\% \geq \text{PaO}_2 = 150 \text{ mmHg}$). A linha que descreve graficamente a correlação entre PaO_2 e saturação de Hemoglobina se conhece com o nome de Curva de Dissociação da Hemoglobina e mostra o modo pelo qual a Hemoglobina e o O_2 se combinam em diferentes PaO_2 (Figura 1).

Podemos observar que a Curva de Dissociação da Hemoglobina tem a forma de um “s” itálica quase

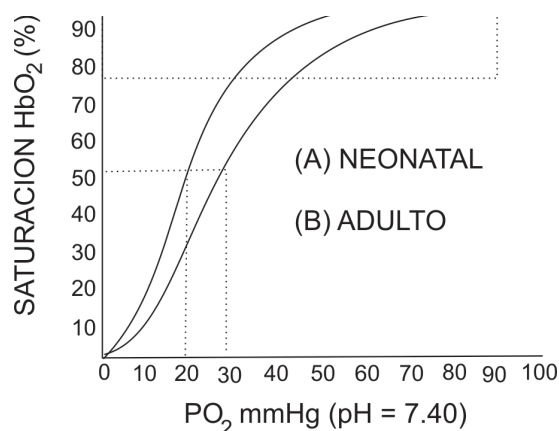
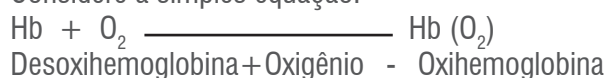


Figura 1: Curva de Dissociação de Hemoglobina

A curva A representa a curva feto-neonatal $P_{50} = 19$ mmHg que está desviada à esquerda. A curva B representa a curva do adulto normal $P_{50} = 27$ mmHg, que está desviada para a direita.

horizontal nos extremos e muito empinada na parte média.

Considere a simples equação:



O O_2 ligado a Hemoglobina ($\text{Hb}(\text{O}_2)$) e dissolvido no plasma (O_2) estão em equilíbrio dinâmico, sendo a $\text{Hb}(\text{O}_2)$ a forma favorável na reação; por volta de 98 a 99% do O_2 no sangue está ligado à Hemoglobina e o restante está dissolvido no plasma, que é medido como PaO_2 (assim a PaO_2 reflete o O_2 dissolvido no plasma e não o O_2 ligado à Hemoglobina); teoricamente deveríamos observar uma queda na PaO_2 antes de uma queda na saturação; no entanto, o equilíbrio é estabelecido instantaneamente após ocorrer uma mudança em ambos os lados da equação; logicamente, se mais O_2 é adicionado ao sistema, mais O_2 se ligará a Hemoglobina; também, se mais O_2 dissolvido está sendo usado pelos tecidos ou não está sendo repostado pelas adequadas trocas pulmonares, mais O_2 será deslocado da Hemoglobina, aumentando assim a dessaturação.

A saturação da hemoglobina é igual à quantidade de Hemoglobina combinada com o O_2 , dividida pela capacidade total da Hemoglobina de combinar-se com ele.

Ao analisarmos a Curva de Dissociação da Hemoglobina, observamos duas partes distintas:

- parte superior (horizontalizada)
- parte inferior (verticalizada)

a) Parte Superior: saturação acima de 80% (grandes variações na paO_2 sanguínea quase não alteram a saturação da Hemoglobina), vejamos:

- paO_2 de 100 mmHg ---- Sat. de 97,5%

- paO_2 de 70 mmHg ---- Sat. de 92,7%

Para uma variação na paO_2 de 30 mmHg, temos uma variação na saturação de somente 4,8%.

Este comportamento da Hemoglobina de variar muito pouco a sua saturação mesmo diante de grandes variações da paO_2 no seu segmento horizontal, constitui uma das maiores proteções contra a hipoxia (raciocinar em termos de conteúdo de Oxigênio do sangue arterial - veja a frente).

b) Parte Vertical: saturação entre 10 e 70% (paO_2 de 10 a 40 mmHg).

Esta parte vertical da Curva de Dissociação da Hemoglobina protege os tecidos, permitindo que capturem grandes quantidades de O_2 do sangue com pequenas quedas de paO_2 .

Há vários fatores que podem desviar a Curva de Dissociação de Hemoglobina para a direita (indica diminuição da afinidade pelo O_2 , o que leva a uma quantidade aumentada de O_2 disponível para o tecido; é mais fácil o O_2 se desprender da Hemoglobina) e para a esquerda (indica um aumento da afinidade pelo O_2 , o que leva a uma diminuição da quantidade de O_2 libertada para o tecido, devido a mais favorável ligação do O_2 com a Hemoglobina).

Entre os fatores que afetam a afinidade da Hemoglobina com o O_2 são:

- **Tipo de Hemoglobina:** a Hemoglobina fetal (HbF) desvia a curva para a esquerda, enquanto que a Hemoglobina do adulto desvia para a direita (Figura 2).

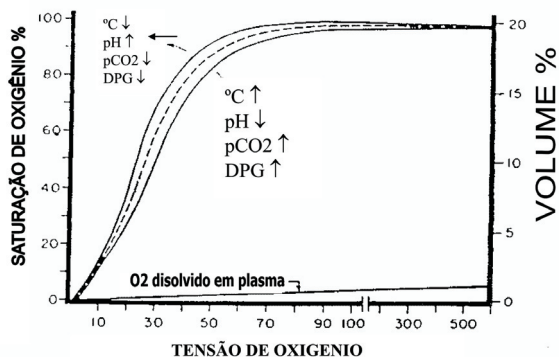


Figura 2: Atividade de Hemoglobina com O₂

- Hipotermia:

Desvia para a esquerda (razão pela qual o bebê hipotérmico tem uma cor vermelho vivo, podendo inclusive desorientar o médico, pensando que o RN está bem (Figura 2).

- Hipertermia: Desvia para a direita (Figura 2).
- Alcalose: Desvia para a esquerda (Figura 2).
- Acidose: Desvia para a direita (Figura 2).

Sob circunstâncias normais, estes fatores trabalham para o benefício fisiológico do organismo. Por exemplo: o metabolismo dos tecidos produz mais Hidrogênios e CO₂ que resultam num discreto desvio da curva de dissociação para a direita, resultando assim quantidades aumentadas de O₂ aos tecidos. Agora, um desvio súbito e grave para a direita, ocorre uma diminuição resultante no O₂ disponível ao tecido, devido a uma diminuição do teor de O₂.

O aumento da afinidade da Hemoglobina pelo O₂ é controlado por uma enzima, a 2, 3 - Difosfoglicerato (2, 3 - DPG) que modula a afinidade pelo O₂ através da ligação com a Desoxihemoglobina, reduzindo, assim, a quantidade de Hemoglobina disponível para ligação com o O₂.

Quando há um aumento no 2,3-DPG intraeritrocitário, a curva desvia para a direita, facilitando a liberação de O₂ aos tecidos (tem sido encontrado aumento

de 2, 3 - DPG na anemia, doença cardíaca e doença pulmonar).

A Hemoglobina fetal (HbF) possui pouco ou nada de 2,3 - DPG, razão pela qual a curva é desviada para a esquerda. Este fato é importante para a oxigenação fetal a partir da circulação materna (a transferência de O₂ deve ocorrer rápida e eficientemente). A PaO₂ venosa umbilical é de aproximadamente 35 a 40 mmHg. Após o nascimento, a HbF constitui aproximadamente 75% da Hemoglobina total no RN a termo, sendo ainda maior no prematuro. Durante os primeiros meses de vida, a Curva de Dissociação de Hemoglobina desvia-se gradualmente para a direita (figura 3), com diminuição da afinidade pelo O₂ (os prematuros apresentam um desvio mais gradual). Em 1988, no CLAP, Montevideo (Uruguai), Granzoto demonstrou que a afinidade do O₂ pela Hemoglobina diminui em função da idade gestacional (Figura 4).

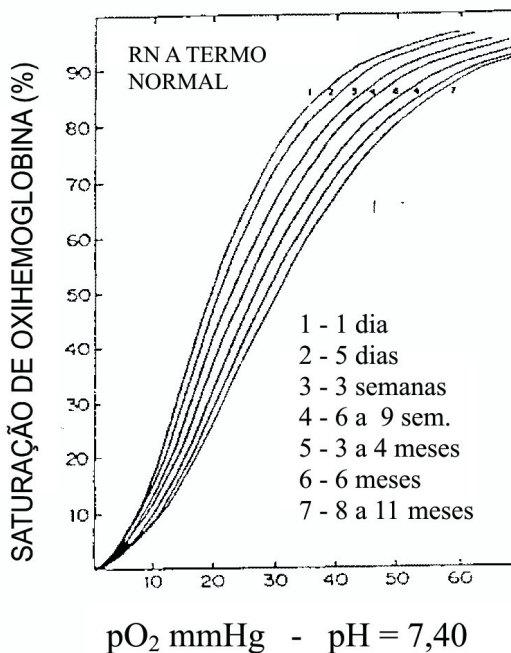


FIGURA 3 - Curvas de dissociação de Hemoglobina em RN a termo em diferentes idades pós-natais. Delivoria- Papadopoulos M, Roncevic NP. Oski FA. Pediatr. Res. 1971; 5: 235-45

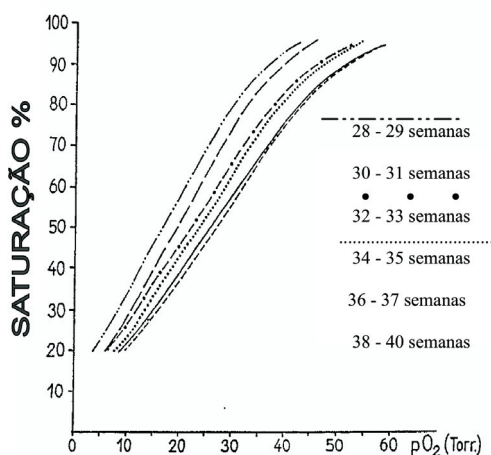


FIGURA 4 - CURVAS DE DISSOCIAÇÃO DA OXI-HEMOGLOBINA EM DIFERENTES IDADES GESTACIONAIS

Uma correta interpretação da Saturação de O_2 no RN requer uma melhor compreensão dos fatores fisiológicos que influenciam a relação da paO_2 e Saturação de O_2 (SaO_2). No adulto, SaO_2 maior que 95% corresponde a uma paO_2 de 70 mmHg (confirme esta afirmação observando a figura 1). Um RN com menos de 24 horas de vida com a SaO_2 por volta de 90% pode ter paO_2 por volta de 50 a 60 mmHg. Este bebê se apresenta rosado, a despeito de menor PaO_2 , devido à alta afinidade de O_2 associada a HbF. Uma menor paO_2 nesta situação, não necessariamente indica hipoxia tecidual. A menor paO_2 no RN a termo ou as mudanças na paO_2 não refletem com certeza a quantidade de O_2 disponível aos tecidos, uma vez que pequenas mudanças na paO_2 dificilmente vão afetar o conteúdo de O_2 no sangue. Quando a Curva de Dissociação do O_2 está desviada para a esquerda, como no caso da HbF, a porção superior da curva indica extração de grande quantidade de O_2 , com a mínima queda na paO_2 , assim:

UM RN PODE APRESENTAR QUEDA NA SUA PaO_2 DE 80 PARA 40 mmHg, SEM AFETAR DRÁSTICAMENTE A SATURAÇÃO DE O_2 .

PORTANTO:

A SATURAÇÃO DE O_2 É UM INDICADOR DO CONTEÚDO DO O_2 DO SANGUE, QUE É O FATOR FISIOLÓGICO MAIS IMPORTANTE.

Antes de vermos os princípios e a aplicação clínica, como as limitações da oximetria de pulso, vejamos: $p50$ e o teor de O_2 .

$P50$: PaO_2 onde o O_2 satura em 50% a Hemoglobina, sendo a quantidade de Hemoglobina reduzida igual à oxigenada ($Hb = HbO_2$); é utilizada para determinação da afinidade da Hemoglobina pelo O_2 . A $P50$ do adulto é 27 mmHg; um aumento na $P50$, significa que é necessário maior PaO_2 para saturar 50% da Hemoglobina (há uma diminuição da afinidade pelo O_2).

Na Figura 4, vemos as curvas de dissociação constituídas mediante regressão da saturação em função da PaO_2 . Observem que para alcançar 50% da saturação da Hemoglobina na 40a semana, é necessário 28,8 mmHg de PaO_2 , enquanto que para as 28 semanas, se alcança com somente 16,3 mmHg de paO_2 (GRANZOTO, CLAP, Montevideo, 1988). Portanto:

HÁ UM CRESCIMENTO LINEAR DA $P50$ EM FUNÇÃO DA IDADE GESTACIONAL.

COM O AUMENTO DA IDADE GESTACIONAL A HEMOGLOBINA POSSUI MENOR CAPACIDADE DE CAPTAÇÃO E MAIOR CAPACIDADE DE LIBERAÇÃO DE O_2 .

TEOR DE O_2 : Representa a soma do O_2 ligado a Hemoglobina e aquele dissolvido no plasma:

COMO CALCULÁ-LO:

1. O_2 ligado a Hemoglobina: $Hg \text{ (g\%)} \times 1,34 \times \text{sat. Hb}$
2. O_2 dissolvido no plasma: $paO_2 \times 0,003$
3. Etapas 1 + 2 = teor de O_2 (Vol%)

VEJAM: Quando a Hemoglobina não está totalmente

saturada, grandes aumentos no teor de O_2 são vistos com pequenos aumentos na paO_2 , pois assim, todo aumento no teor de O_2 é devido à união do O_2 à hemoglobina. Agora, quando a hemoglobina está saturada ao máximo, grandes aumentos na paO_2 , são acompanhados por pequenos aumentos no teor

de O_2 , porque somente O_2 dissolvido é possível. Qual é a importância do cálculo do teor de O_2 ?

OBSERVE: Um RN pode apresentar hipoxia anêmica com paO_2 normal (ou seja, a oxigenação tecidual está comprometida):

$paO_2 = 50$
 Sat. Hb = 90%
 Hb = 10 g%

1) $10 \times 1.34 \times 0.9$ + 2) $50 \times 0.003 = 12.21\%$

↓

Teor de $O_2 = 12,21$ ml de O_2 /100 ml de sangue
 ou 12,21 Vol%

Se a Hemoglobina for elevada para 20%, o teor de O_2 passa a ser 24,27 Vol%. Desta quantidade, 24,12 ml ($20 \times 1,34 \times 0,90$) são transportados pela Hemoglobina, ou seja, para a mesma saturação, a quantidade de O_2 transportada pela Hemoglobina dobrou, sem mudanças na quantidade dissolvida.

PRINCÍPIOS DA OXIMETRIA DE PULSO:

A oximetria de pulso é um método de medir a SaO_2 (Saturação da Hemoglobina) continuamente, de forma não invasiva; usa técnicas baseadas nos princípios da Plestimografia (determina a amplitude do pulso e a forma de onda de pulso) e da Espectrofotometria (analisa transmissão de luz através dos tecidos).

APLICAÇÕES NO RN

É um método fácil e simples de assessorar o estado de oxigenação do RN (fornece o resultado dentro de segundos); nos estados de má perfusão tem sido de confiança quando a frequência cardíaca do monitor eletrocardiográfico correlaciona-se com a frequência cardíaca do monitor de saturação de O_2 .

É benéfico no manuseio do RN com displasia broncopulmonar (nestes RN é difícil a retirada de sangue para gasometria). Uma aplicação

relativamente nova é na sala de parto, para qualquer RN de risco para hipoxia (RN nascidos de parto cesárea demonstram maiores períodos de baixa saturação logo após o nascimento, em comparação com os RN de parto normal). Devido ao resultado da $Sat.O_2$ ser dado em questões de segundos, pode ser de valor no assessoramento da resposta a ressuscitação na sala de parto.

Com o uso do oxímetro de pulso na cirurgia, tem sido diminuída a incidência de eventos hipotensivos e hipovolêmicos na sala de cirurgia, bem como eventos arrítmicos e hipovolêmicos na sala de recuperação.

NOTA: Ao usar o oxímetro de pulso durante a fototerapia, proteger o sensor da fonte de luz, com gaze coberta com folha metálica.

LIMITAÇÕES:

1. A eficácia é menor em estados de má perfusão.
2. O sinal pode ser afetado pela fototerapia, assim como a luz cirúrgica.
3. A eficácia diminui com saturações arteriais menores que 70%.
4. A eficácia pode ser afetada pela administração de drogas vasoconstritoras ou corantes.

RN SOB USO DE DOPAMINA (2,5 A 7,5 mcg/Kg/min):

Utilizando grupo controle, os autores Dziedzic e Vidyasagar observaram que a correlação entre a saturação de O_2 avaliada pela oximetria de pulso ($PSaO_2$) e a saturação de O_2 avaliada pelos gases sanguíneos (SaO_2) no grupo com dopamina foi de 0,75, enquanto que no grupo sem dopamina foi de 0,96. No grupo com dopamina, a $PSaO_2$ foi maior que a SaO_2 . Portanto, analisar com cautela a $PSaO_2$ nos RN que estejam recebendo drogas vasoativas, como a dopamina.

ANALISE OS RESULTADOS: (12 RN - 24 a 32 sem. de Idade Gestacional; não hipotensos Idade menor que 2 semanas):

GRUPO COM DOPAMINA GRUPO SEM DOPAMINA

$PSaO_2$	SaO_2	$PSaO_2$	SaO_2
$90,7 \pm 5,1$	$85,4 \pm 7,6$	$94 \pm 6,9$	$94 \pm 6,1$
$R = 0,75$		$r = 0,96$	

$r =$ CORRELAÇÃO VARIA DE 0 A 1

0,8 a 1,0	Correlação forte
0,5 a 0,8	Correlação moderada
0,2 a 0,5	Correlação débil
0 a 0,2	Insignificante

IMPLICAÇÕES PRÁTICAS:

Oxigenação ótima

Joseph Priestly, o descobridor do oxigênio, escreveu em 1775: “Talvez o oxigênio não seja o mais apropriado para nós, assim como as velas se consomem mais rapidamente no oxigênio que em ar comum, isto pode ocorrer conosco”. Lavoisier, em 1785, escreveu “Quando há excesso de oxigênio, o animal adoece gravemente e quando se escasseia, a sua morte ocorre quase instantaneamente”.

O oxigênio é a molécula mais abundante do planeta

e a segunda molécula mais abundante do corpo humano. O seu nome significa: oxi=ácidos e geno=formadora. Não é um nome correto, mas é esta a etiologia do nome desta molécula.

O uso do oxigênio deve ser feito com rigoroso controle, dadas as complicações que podem ocorrer, como:

- **Câncer infantil:** o primeiro estudo retrospectivo feita na Europa envolvendo 500 pacientes demonstrou que as crianças que foram submetidas à reanimação com 100% de oxigênio tinham maior risco para a malignidade (RR: 2,57- IC a 95%: 1,21-6,82) Muitos não prestaram muita atenção a este estudo, por ser retrospectivo e por ser a mostra pequena. O segundo estudo foi publicado pelos japoneses evidenciou que os bebês que tinham saturações mais altas (>95%) em comparação com os bebês com saturação entre 95-94%, tinham maior incidência de câncer de fígado. Outro estudo que realmente fez que com que abrissemos os olhos foi o estudo de Spector, LG et al. Estes autores seguiram 60 mil RN por 8 anos (é um dos maiores estudos que se conhece nos EUA). Removendo todas as variáveis interferentes, ficou claro que os RN expostos a 100% de oxigênio por 3 minutos ou mais aumentava o risco de câncer em 3 vezes mais (RR: 2,87; IC a 95%: IC 95% 1,46 - 5,66). Portanto existe uma relação entre a exposição ao O_2 por 3 minutos ou mais e câncer na infância. Não estamos dizendo que todo RN exposto ao O_2 vai ter câncer (igual ao fumo: nem todos que fumam vão ter câncer, mas os que têm câncer apresentam alto percentual de fumo); 6 de 10.000 crianças sem exposição ao O_2 ao nascer desenvolvem câncer. No entanto, 18 de 10.000 crianças expostas ao oxigênio ao nascer desenvolvem câncer. Assim, pode-se evitar 1 de cada 7 cânceres na infância.

- **Infecção:** as ratas expostas ao O_2 (100%) de forma constante tiveram aumento significativo nos glóbulos brancos no 4º dia de vida; os

radicais livres interferem com alguns códigos genéticos essenciais para a defesa humoral nas ratas em estudo.

- **Crescimento:** as ratas expostas às saturações entre 85-94% cresceram melhor do que as expostas às saturações altas. É algo muito preliminar. Não quer dizer que todos que recebem O_2 vão ter deficiente crescimento, mas temos que ter precaução.
- **Alterações gênicas:** em estudo realizado em nosso laboratório verificamos que a hiperoxia causou a saída de 8 genes da banda esperada. O que pode significar a saída destes 8 genes de um total de 10.000 genes nos cérebros destas ratas? Nada vai ocorrer? Lembrar que para produzir a anemia drepanocítica é necessário que apenas um gene seja afetado. No entanto, estas são informações em ratas, mas a mensagem que deixo é que a hiperoxia não é tão inofensiva como se pensava anteriormente.
- **Retinopatia da prematuridade:** o estudo de Chow et al, adotando um protocolo mais restrito de saturação de oxigênio nos RN entre 500 e 1500g (85-95% para RN \geq 32 semanas e 85-92% para RN $<$ 32 semanas, com O_2 quando a Sat de O_2 estava entre 93-95%), diminuíram a incidência da retinopatia da prematuridade de 4,5% para 1,5% em 1 ano. Na Sala de Parto e no transporte foram utilizados blenders e oxímetros de pulsos. A meta de saturação de O_2 na UTI Neonatal passou a ser 85-93%. Não calibrar o monitor de O_2 tendo como limite superior 100%. Calibrar entre 80-95%. Esta mudança resultou queda dramática de qualquer retinopatia da prematuridade ou retinopatia com cirurgia a laser.

Houve uma década para que os clínicos pudessem entender que o O_2 podia causar dano aos olhos dos prematuros. Está levando 50 anos para que os neonatologistas entendam que breve exposição à hiperoxia pode ser danosa.

COMO AVALIAR A HIPOXEMIA/HIPEROXEMIA

O monitor de saturação de O_2 deve ser considerado um adjunto essencial na Unidade de Terapia Intensiva Neonatal. No entanto, ele não deve abolir a monitorização da PaO_2 , principalmente nos casos de severa hipoxemia, como na hipertensão pulmonar persistente que requer tanto o monitor de saturação de O_2 como a avaliação da PaO_2 , devido ao estado hemodinâmico e a oxigenação estarem muito comprometidos.

Qual é a saturação de oxigênio? A saturação de oxigênio no primeiro minuto de vida, em média, é 63%, variando entre 53 a 68%; no 5º minuto de vida, 90%, variando entre 79-93%. Querer obter uma saturação de oxigênio igual a que se obtém na UTI neonatal levaria ao uso inapropriado do oxigênio na Sala de Parto. Os nascidos de cesariana, para terem uma saturação em média de 85% **levam em média 8 minutos** (provavelmente isto se deva ao atraso no *clearance* do líquido pulmonar nos RN de cesariana sem prévio trabalho de parto). Os pré-termos com 5 minutos tendem a ter saturação de O_2 mais baixa que a RN a termo e com maior variabilidade. A seguir, manter entre **85 e 93%**.

É importante saber que existe um limite para uma boa correlação entre PaO_2 e a Saturação de O_2 medida pelo oxímetro, que está por volta de 92%. Acima de 92%, a correlação é muito ruim. Com saturação entre 92-93%, posso ter uma PaO_2 por volta de 50-70% ou 100%.

ACEITÁVEL $PSaO_2$ (saturação de O_2 pelo oxímetro de pulso): 85 a 93% (média de 90%)

Assim que a Curva da Hemoglobina se achata, como ocorre na porção superior da curva, hiperoxemia pode ocorrer quando a saturação excede 95%. Outros estudos citam que o ponto de corte deve ser 92% (a sensibilidade para hiperoxemia aumenta e assim diminui o número de casos falso-negativos).

Quando a $PSaO_2$ está constantemente acima de 93%, iniciar desmame de O_2 . A necessidade para aumentar a FiO_2 geralmente ocorre quando a $PSaO_2$ está constantemente abaixo de 85% e a análise dos gases sanguíneos indica a necessidade de O_2 . Agora, quando a dessaturação é dramática e o exame clínico revela hipoxia, não é necessário fazer gasometria. Nos RN com patologia pulmonar crônica, manter a $PSaO_2$ entre 90 e 95%.

Observe a tabela a seguir:

GUIA PRÁTICO PARA A MONITORIZAÇÃO DE O_2

	Agudo	Crônico
Limites aceitáveis	87 a 93%	92 a 95%
Manuseio do O_2	- Desmamar do O_2 quando o RN está estável e a $PSaO_2$ está constantemente acima de 93% cada 15 minutos a meia hora	- Desmamar do O_2 quando o RN está estável e a $PSaO_2$ está constantemente acima de 93% cada 12 a 24 horas.
Quando colher sangue para gasometria	- Quando a $PSaO_2$ menor que 85% ou maior que 93% constantemente por 15 min. a 1/2 hora. - Ausência de correlação entre a FC. do EG. e a FC. do monitor da $PSaO_2$ nos estados de má perfusão.	- Quando a $PSaO_2$ menor que 85% ou maior que 93% constantemente por mais de 1 hora

Vemos assim que para utilizar a oximetria de pulso na sua totalidade é fundamental entender os princípios fisiológicos envolvidos, bem como as suas limitações. De extraordinária importância é o entendimento dos princípios envolvidos no transporte de Oxigênio. É um avanço não invasivo, benéfico e aplicável na assistência respiratória do RN pela sua facilidade de uso e rapidez em fornecer resultados continuamente.

Segundo Tin W, a terapia com o O_2 deve ter sido

dada a bebês mais do que qualquer outro produto médico nos últimos 60 anos. Apesar disto sabemos muito pouco quanto os bebês precisam de fato ou quanto é sóbrio dar a eles. A profundidade da nossa ignorância realmente uma coisa que os deixa muito embaraçados.

OXIMETRIA DE PULSO NA SALA DE PARTO

A oximetria de pulso não deve ser usada em todos os parto. A colocação do sensor já nos dá leitura em menos de 1 minuto a partir do nascimento. O sensor deve ser colocado no pulso direito. Mariani et al avaliaram a saturação de O_2 ($SatO_2$) pré e pós-ductal nos primeiros 15 minutos de vida em recém-nascidos (RN) a termos saudáveis, utilizando a oximetria de pulso. A média de $SatO_2$ pré-ductal (pulso direito) aos 5 minutos de vida foi de 89% e a média de $SatO_2$ pós-ductal no mesmo período foi de 81%, mantendo-se esta diferença significativa nos primeiros 15 minutos de vida. Interessante que a média de $SatO_2$ foi menor nos RN de cesariana. Então, sempre preferir a **leitura pré-ductal**, ou seja, no **pulso direito**. Ambos níveis de $SatO_2$, pré- e pós-ductal, aumentam gradualmente e geralmente não alcançam 90% nos primeiros 5 minutos de vida. Mais provavelmente esta diferença se deva a maior pressão na artéria pulmonar e o *shunt* através do canal arterial.

A oximetria de pulso na Sala de Parto é de grande auxílio na reanimação neonatal, pois além da saturação de oxigênio, ele fornece informação sobre a frequência cardíaca, o sinal chave na reanimação neonatal; há uma grande inacurácia da avaliação da frequência cardíaca contanto por 6 segundos e multiplicando por 10, além da ausculta intermitente interferir na ventilação.

É importante que saibamos como o PaO_2 muda depois do nascimento. Todos os RN têm uma $SatO_2$ baixa nos primeiros minutos de vida (ficam com 60% no útero). Durante o parto esta saturação cai para 30 a 40%. Assim, o bebê está acostumado

a ter esta experiência em torno de 60%. Então se no começo da vida a SatO_2 é baixa, é porque ele está acostumado. O problema é que nós médicos estamos acostumados a ter uma SatO_2 de 90% na UTI Neonatal e todos querem que os RN tenham logo ao nascer uma SatO_2 de 90%. Deixe que o bebê faça a sua própria transição

Estes são dados de Jennifer Dawson: saturação de O_2 logo após o nascimento em RN que não receberam nenhuma reanimação (são recém-nascidos normais). A média de saturação é 65% e vai subindo. **Se com 5 minutos o bebê apresenta uma saturação abaixo de 60-70%, provavelmente está baixo demais e vai precisar de oxigênio.** Assim vamos ter em breve uma outra ferramenta na reanimação neonatal, plotando a saturação com os minutos.

A oximetria de pulso na Sala de Parto nos possibilita ver a dinâmica da variabilidade. Com o controle da FC, o RN deslança. Obviamente, um bebê que não respira tem que ser intubado.

CAPNOGRAFIA

Na administração do suporte ventilatório ao RN, é necessária cuidadosa atenção ao equilíbrio entre a quantidade do suporte (oxigênio, pressão e volume) e suas toxicidades.

Como vimos, a oximetria de pulso tem sido de grande ajuda na avaliação da oxigenação arterial, indicando adequado suprimento de O_2 aos tecidos, além de poder indicar o “status” do fluxo sanguíneo aos órgãos vitais e capacidade de carrear sangue.

O controle do dióxido de carbono (CO_2) nestes RN tem sido mais difícil de ser obtido. O melhor controle de CO_2 é de grande importância na assistência ventilatória mecânica, uma vez que a hipocapnia está associada a maior risco de doença pulmonar crônica, hipoacusia, retinopatia da prematuridade e leucomalácia periventricular. Igualmente maiores

níveis de CO_2 podem aumentar o fluxo sanguíneo cerebral, com maior risco de hemorragia peri/intraventricular.

Com o uso do surfactante, a melhora da mecânica pulmonar que ocorre nas primeiras horas, poderia levar a hipocapnia, com os seus riscos subsequentes.

A monitorização do CO_2 nestes RN críticos pode ser realizada de forma não invasiva ou pela monitorização transcutânea (não bem tolerada, nos RN mais imaturos devido a frágil pele e pela interferência da acidose e hipoxia, além, da baixa correlação com a paCO_2) ou pela medida da concentração de CO_2 no gás exalado (End-Tidal CO_2 - ETCO_2), embora a análise sanguínea do CO_2 seja o método mais acurado (a frequente coleta de sangue neste RN contribui para maiores taxas de transfusões sanguíneas).

Se o objetivo da ventilação mecânica é evitar a hipocapnia ou a hipercapnia, mais do que se obter um nível específico de CO_2 , a monitorização contínua não invasiva pelo capnógrafo é relevante no manuseio clínico.

Níveis de PaCO_2 menores de 30-35 mmHg devem ser evitados, mas o tempo em que o RN fica sob estes valores críticos de paCO_2 é mais importante no desenvolvimento da leucomalácia periventricular. O limite superior de PaCO_2 (hipercapnia permissiva) não está bem esclarecido no RN, sendo aceito um limite de 55 mmHg.

Rozycki e cl, estudando 45 RN sob ventilação mecânica, dos quais 26 com peso menor que 1000g e que haviam recebido surfactante, relataram uma correlação entre $\text{ET} - \text{CO}_2$ e paCO_2 de 0,83 (diferença de $\pm 6,9$ mmHg: $\text{paCO}_2 = 46,2 \pm 12$ versus $\text{ETCO}_2 = 39,3 \pm 11,8$ mmHg).

Um ponto de corte para o menor valor da $\text{ETCO}_2 < 29$ teve uma eficiência de 93,7% na identificação das

vezes em que a PaCO_2 esteve menor que 34mmHg. O ponto de corte para o maior valor ($\text{ETCO}_2 > 45$) teve uma eficiência de 87,3% na identificação do valor da $\text{PaCO}_2 > 54$ mmHg. Assim, ETCO_2 entre 29 a 44, a PaCO_2 , em 91% dos casos, esteve dentro dos limites de segurança ($\text{PaCO}_2 = 34$ a 54 mmHg). O capnógrafo identifica em mais de 80% a hipercapnia ou hipocapnia.

Durante o metabolismo tecidual normal e com a função cardiovascular normal, o pulmão é o único compartimento do corpo em que a CO_2 acumula continuamente. Assim, a presença de CO_2 exalado confirma a patência da via aérea e a ventilação pulmonar. A capnografia discrimina com habilidade uma entubação traqueal da esofageana. O seu uso permite a detecção precoce de eventos críticos como a entubação esofageana, desconexão do circuito do respirador, avaliação da posição do tubo endotraqueal, a não patência da via aérea, falha ventilatória, colapso cardiovascular e aberrações na ventilação/perfusão. O uso do capnógrafo é

importante no transporte de pacientes ventilados manualmente, principalmente naqueles nos quais é necessário um rigoroso controle de PaCO_2 , como nos pacientes com aumento de pressão intracraniana (a diminuição da PaCO_2 acarreta diminuição do fluxo sanguíneo cerebral, diminuindo a pressão intracraniana) e nos RN com hipertensão pulmonar persistente (a PaCO_2 é um potente mediador da resistência vascular pulmonar), permitindo assim uma ventilação mais efetiva durante o transporte.

A capnografia é menos sensível em paciente com severa doença pulmonar, principalmente enfizem pulmonar, sendo uma técnica afetiva na monitorização de RN com proporção a/A $\geq 0,3$, podendo ser usada no desmame da ventilação mecânica.

Uma capnografia normal implica em perfusão tecidual normal e produção normal de CO_2 , além de função cardiovascular e pulmonar normal e patência da via aérea.

REFERÊNCIAS

1. Dziejcz K, Vidyasagar D. Pulse oximetry in neonatal intensive care. *Clin Perinatol* 1989;16: 177-97.
2. Granzotto JA. Transporte de oxigênio em recém nascidos de diferentes idades gestacionais. Teses de Doctorado-CLAP / OPS/ OMS – 1989.
3. Margotto PR. Oxigenoterapia. *Boletim Informativo Pediátrico*. BIP- (Brasília), Nº 20, 1982.
4. Vijayakumar E, Ward G J, Bullock CE, Patterson ML. Pulse oximetry in infants < 1500 g birth weight on supplemental oxygen: a National Survey. *J Perinatol* 1997; 17: 341-45.
5. Oski FA. Clinical implications of oxyhemoglobin curve in the neonatal period. *Crit Care Med* 1979;7: 412-18.
6. Delivoria- Papadopoulos M, Roncencic NP, Oski FA. Postnatal changes in oxygen transport of term, premature, and sick infants: the role of red cell 2,3-DPG and adult hemoglobin. *Pediatr Res* 1971;5: 235-45.
7. Rozycki HJ, Sysyn GD, Marshall MK, Malloy R, Wiswell TE. Mainstream end-tidal carbon dioxide monitoring in the neonatal Intensive Care Unit. *Pediatrics* 1998;101: 648-53.
8. Breen PH. Carbon dioxide kinetics during anesthesia pathophysiology and monitoring. *Anesthesiol Clin N Am* 1998;16: 259-61.
9. Morley TF, Giaimo J, Maroszan E et al. Use of capnography for assessment of the adequacy of alveolar ventilation during weaning from mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1993;148:339-44.
10. Cant G, Laso G, Macian I et al. The value of capnography and exhaled CO_2 in neonatal intensive care units. *An Esp Pediatr* 1997;47:177-80.
11. Bhende MS, Thompson AE. Evaluation of an end-tidal CO_2 detector during pediatric cardiopulmonary resuscitation. *Pediatrics* 1995;95: 395-99.
12. Palmon SC, Liu M, Moore LE, Kirsch JR. Capnography facilitates tight control of ventilation during transport. *Crit Care Med* 1996;24 (4): 608-11.
13. Roberts WA, Maniscalco WM. A novel cause of error in capnographic confirmation of intubation of the neonatal

- intensive care unit. *Pediatrics* 1995;95: 14142.
14. Roberts WA. The use of capnography for recognition of esophageal intubation in the neonatal intensive care unit. *Pediatr Pulmonol* 1995;19: 262-68.
 15. Aziz HF, Martin JB, Moore JJ. The pediatric disposable end tidal carbon dioxide detector role in endotracheal intubation in newborns. *J Perinatol* 1999;19: 110-13.
 16. Chow LC, Wright KW et al. Pediatrics 200Can changes in clinical practice decrease the incidence of severe retinopathy of prematurity in very low birth weight infants?3; 111:339-45.
 17. Tin W, Milligan DW et al. Pulse oximetry, severe retinopathy, and outcome at one year in babies of less than 28 weeks gestation. *Arch Dis Child Fetal Neonatal* 2001; 84:106-10.
 18. Kamlin CO, O'Donnell CP, Davis PG, Morley CJ Oxygen saturation in healthy infants immediately after birth. *J Pediatr*. 2006;148:585-89.
 19. Rabi Y, Yee W, Chen SY, Singhal. Oxygen saturation trends immediately after birth. *J Pediatr*. 2006;148:590-94.
 20. Mariani G, Dik PB, Ezquer A et al Pre-ductal and post-ductal O2 saturation in healthy term neonates after birth. *J Pediatr*. 2007;150:418-21.
 21. Aschner J. Prevenção da displasia broncopulmonar: papel da enfermagem a beira do leito. 6º Simpósio Internacional do Rio de Janeiro, 28-30 de agosto de 2008. [site na Internet]. Disponível em www.paulomargotto.com.br. Acessado em 10 de março de 2009.
 22. Myoshi MH. Oxigenação ótima no período neonatal. II Simpósio Internacional de Neonatologia e Neuroneonatologia Curitiba, 27 a 29 de novembro de 2008. [site na Internet]. Disponível em www.paulomargotto.com.br. Acessado em 10 de março de 2009.
 23. Soliz A. Oxigênio nos primeiros momentos da vida. II Simpósio Internacional de Neonatologia e Neuroneonatologia. Curitiba, 27 a 29 de novembro de 2008. [site na Internet]. Disponível em www.paulomargotto.com.br. Acessado em 10 de março de 2009.
 24. Morley C. Oximetria na sala de parto. 6º Simpósio Internacional do Rio de Janeiro, 28-30 de agosto de 2008. [site na Internet]. Disponível em www.paulomargotto.com.br. Acessado em 10 de março de 2009.

Conflito de Interesse: Não declarado

Correspondência:
Paulo Roberto Margotto
E-mail: pmargotto@gmail.com