

ANÁLISE DA GASOMETRIA NA OXIGENAÇÃO EXTRACORPÓREA

BLOOD GAS ANALYSIS IN EXTRACORPOREAL OXIGENATION

AUTORES

¹SALIBA, R.; ²LACERDA, A.; ³CASTELLO A.; ⁴STURION D. J.; ⁵STURION M. A.; ⁶STURION, T.; ⁷MONTEIRO G., ⁸JUNIOR L. D.; ⁹HERNANDES B.M.S.; ¹⁰BORDOLINI S.L.S.

^{1, 4, 5, 6} FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA ROQUE QUAGLIATO/ FIO/FEEM;

^{2,3} FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA/UENF; ⁶ MÉDICO VETERINÁRIO AUTÔNOMO; ^{8,9,10}GRADUANDO DO 8º TERMO DA FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA ROQUE QUAGLIATO/FIO/FEMM

RESUMO

A gasometria é um exame de natureza invasiva, realizado pela coleta de amostra do sangue arterial ou venoso, que busca avaliar os valores de oxigenação, ventilação e o equilíbrio ácido-básico do paciente. A análise dos gases sanguíneos possibilita mensurar o pH plasmático, a pressão parcial de oxigênio (PaO₂), a pressão parcial de dióxido de carbono (PaCO₂) e ainda permite o cálculo do teor plasmático de bicarbonato (HCO₃⁻), o excesso ou déficit de base (BE ou BD) e a saturação de oxigênio da hemoglobina no sangue arterial (SaO₂). Frente a desequilíbrios ácido-básicos, o organismo lança mão dos sistemas regulatórios, como o respiratório, o tampão e o renal. A gasometria permite mensurar ajuste dos gases arteriais nos oxigenadores que inicialmente deve ser de 1:1 entre o fluxo de gás (FIO₂) e o fluxo arterial e logo que a perfusão estiver estabilizada, deverá ser ajustado para que a PaO₂ esteja entre 100 e 200 mm de Hg e a PCO₂ entre 35 e 40 mm de Hg. Diante de tais objetivos durante a Oxigenação extracorpórea, a análise dos índices respiratórios são de importância indiscutível e o objetivo do texto visa a revisão literária da análise de gases sanguíneos utilizadas na ECMO.

Palavras-chave: ECMO, CEC, OXIGENAÇÃO EXTRACORPÓREA

ABSTRACT

The gas is an examination of invasive nature, carried out by collecting samples of blood or blood vein, which seeks to assess the values of oxygenation, ventilation and acid-base balance of the patient. The analysis of blood gases measure allows the pH plasma, the partial pressure of oxygen (PaO₂), the partial pressure of carbon dioxide (PaCO₂) and yet possible to calculate the level of plasma bicarbonate (HCO₃⁻), the excess or deficit of basis (BE or BD) and oxygen saturation of blood hemoglobin in the blood (SaO₂). In front of acid-base imbalances, the body makes use of regulatory systems, such as respiratory, kidney and the buffer. The measure allows gas adjustment of arterial gases in oxigenadores which initially should be 1:1 between the flow of gas (FIO₂) and blood flow and once the infusion is stabilized, should be adjusted so that the PaO₂ is between 100 and 200 mm of Hg and PCO₂ between 35 and 40 mm Hg. Faced with such goals during extracorporeal oxygenation, the analysis of respiratory indexes are of indisputable importance and purpose of literary text aims to review the analysis of blood gases used in the ECOM.

Keywords: ECMO, CEC, Extracorporeal Oxigenation.

INTRODUÇÃO

1

2 A gasometria é o exame que permite analisar os gases sanguíneos e o
3 equilíbrio ácido-básico do organismo. Os aparelhos utilizados para a
4 determinação dos gases sanguíneos e do pH são os analisadores de gases,
5 dos quais existem vários tipos e modelos (ELIAS; FAGUNDES; SOUZA, 2008).
6 Dentre as inúmeras aplicações práticas da gasometria está a assistência aos

1 pacientes submetidos à circulação extracorpórea em qualquer das suas
2 modalidades (ELIAS; SOUZA, 2008).

3 Por se tratar da análise de gases, inclusive CO₂, muito volátil, diversos
4 cuidados são essenciais em relação à coleta das amostras de sangue,
5 transporte ao laboratório e realização imediata do exame, para assegurar a
6 fidelidade dos resultados. Se as amostras contiverem ar, este deve ser
7 imediatamente removido. E quando o laboratório é distante do local da coleta, é
8 preciso transportá-las em gelo. Para manter a fluidez do sangue, a coleta deve
9 ser efetuada com anticoagulante (heparina). Na prática, 0,05 ml de heparina
10 sódica é suficiente para anticoagular 1 ml de sangue. (ELIAS; FAGUNDES;
11 SOUZA, 2008). No entanto, a retirada da amostra na ECMO é feita diretamente
12 do oxigenador com o animal previamente heparinizado, não sendo necessário
13 o cumprimento desta etapa.

14 Os analisadores de gases sangüíneos utilizam eletrodos especiais para
15 a determinação do pH, da pressão parcial de dióxido de carbono (PCO₂) e da
16 pressão parcial de oxigênio (PO₂). Os eletrodos de pH, PCO₂ e PO₂ são
17 contidos em um pequeno reservatório, cuja temperatura é controlada. O
18 aparelho requer calibração prévia para uso, que é obtida por comparação com
19 soluções padronizadas (ELIAS; FAGUNDES; SOUZA, 2008).

20 A análise dos gases do sangue arterial é um recurso de extrema
21 utilidade para a avaliação da oxigenação do sangue, da ventilação pulmonar e
22 do estado ou equilíbrio ácido-básico do organismo. A análise dos gases no
23 sangue venoso, por sua vez, informa sobre o consumo ou a extração de
24 oxigênio nos tecidos, revelando indiretamente o estado do metabolismo celular
25 (ELIAS; SOUZA, 2008).

26 Para avaliar a oferta de oxigênio às células do organismo, uma das
27 informações mais importantes obtidas pela análise dos gases sangüíneos diz
28 respeito à oxigenação do sangue. O oxigênio é transportado para as células
29 pela corrente sangüínea combinado à hemoglobina no interior das hemácias
30 (97%) e, em pequena parte (3%), dissolvido na água do plasma e das células.
31 Portanto, em condições normais, o transporte do O₂ para as células do
32 organismo é feito quase que totalmente pela hemoglobina. Os parâmetros da
33 gasometria capazes de avaliar a oxigenação são a PaO₂ e a SaO₂ (ELIAS;
34 SOUZA, 2008).

DESENVOLVIMENTO

1 Pressão parcial do oxigênio no sangue arterial (PaO_2)

2 A PaO_2 é a medida da quantidade de O_2 dissolvida no plasma (ORTON,
3 1995). Ela nos informa sobre a eficiência da oxigenação realizada nos alvéolos
4 pulmonares (ELIAS; FAGUNDES; SOUZA, 2008), mas não reflete a
5 disponibilidade total de oxigênio para os tecidos. Sua unidade de medida é
6 milímetro de mercúrio (mmHg) (ELIAS; SOUZA, 2008).

7 A PaO_2 oscila entre 65 e 97 mmHg (ELIAS; SOUZA, 2008). A
8 oxigenação adequada do sangue arterial durante a perfusão normotérmica em
9 seres humanos corresponde a uma PaO_2 acima de 100mmHg e abaixo de
10 200mmHg (SOUZA, ELIAS, 2008).

11 2 Saturação de oxigênio da hemoglobina no sangue arterial (SaO_2)

12 A SaO_2 mede a proporção em que o O_2 está ligado à hemoglobina e é
13 expressa em percentual. Comparada com a PaO_2 , ela é um melhor indicador da
14 disponibilidade total de oxigênio para as células do organismo, embora haja um
15 paralelismo entre ambos os parâmetros. A saturação de oxigênio normal do
16 sangue que alcança o átrio esquerdo é de 98% (ELIAS; SOUZA, 2008).

17 A SaO_2 pode ser determinada indiretamente através da mensuração da
18 PaO_2 e calculada através da curva de saturação da oxihemoglobina. Muitas
19 máquinas de gasometria automáticas realizam este cálculo. Uma outra forma
20 de se realizar esta mensuração é através do oxímetro de pulso, um aparelho
21 que pode ser colocado na língua ou na orelha do animal e nos fornece
22 informações contínuas a respeito da SaO_2 , mesmo em animais pigmentados,
23 através de uma técnica colorimétrica. Uma diminuição da SaO_2 ocorre quando
24 há hipoventilação e/ou prejuízo na troca gasosa. O objetivo terapêutico deve
25 ser manter a SaO_2 a partir de 80% (ORTON, 1995).

26 3 Pressão parcial do dióxido de carbono no sangue arterial (PaCO_2)

27 Ventilação é um processo mecânico que move o gás para dentro e para
28 fora dos pulmões. Por definição, a hipoventilação está presente quando a
29 pressão parcial de dióxido de carbono no sangue arterial (PaCO_2) está
30 elevada, e ocorre quando há alteração em qualquer componente do aparelho
31 respiratório. A hiperventilação, ao contrário, se dá quando a PaCO_2 está
32 diminuída. A melhor medida, portanto, do nível da ventilação alveolar é a
33 PaCO_2 , conseguida através da análise do sangue arterial. A ventilação alveolar
34

1 é inadequada quando a PaCO_2 é maior do que 45mmHg (ORTON, 1995). Em
2 humanos, a ventilação adequada do sangue durante a perfusão normotérmica
3 corresponde a uma PaCO_2 entre 34 e 36mmHg (SOUZA, ELIAS, 2008).

4 4 Potência de hidrogênio (pH)

5 O pH é um índice criado para representar a concentração de íons
6 hidrogênio existente em uma solução: quanto maior a concentração, mais baixo
7 é o pH. Ele é expresso por uma escala numérica simples, que vai de 0 a 14. A
8 solução cujo pH está entre 0 e 7 é denominada ácida; a que tem o pH entre 7 e
9 14 é básica ou alcalina (ELIAS; FAGUNDES; SOUZA, 2008). A água foi
10 tomada como elemento padrão para a comparação dos demais elementos da
11 natureza (ELIAS; SOUZA, 2008), sendo considerada um líquido neutro por ser
12 o que menos se dissocia em íons hidrogênio e hidroxila. O ponto 7 da escala é
13 o ponto de neutralidade e representa o pH da água (ELIAS; FAGUNDES;
14 SOUZA, 2008).

15 A água é o solvente universal dos líquidos orgânicos, como o sangue. A
16 presença de outras substâncias em sua composição faz com que o pH
17 sangüíneo seja ligeiramente alcalino, variando de 7,35 a 7,45 (faixa de
18 neutralidade do sangue). Quando o pH está abaixo dessa faixa, dizemos que
19 há acidose, e quando está acima, alcalose (ELIAS; SOUZA, 2008).

20 Há três sistemas regulatórios do pH no organismo: o respiratório, o
21 tampão e o renal. O respiratório, de ação rápida, controla a quantidade de CO_2
22 do sangue (ELIAS; FAGUNDES; SOUZA, 2008) através da frequência e da
23 profundidade da respiração. Sabemos que o CO_2 produzido pelo metabolismo
24 das células é dissolvido no sangue para ser eliminado do organismo através da
25 respiração (ventilação). O CO_2 reage com a água (H_2O) e essa reação química
26 produz o ácido carbônico (H_2CO_3), que dissocia em íon bicarbonato (HCO_3^-) e
27 íon hidrogênio (H^+). Este último tende a reduzir o pH sangüíneo. Portanto,
28 sempre que houver acúmulo de CO_2 no sangue, o mecanismo da ventilação
29 tende a eliminá-lo em maior quantidade para manter o pH sangüíneo dentro da
30 faixa de normalidade. O contrário também acontece: quando há redução da
31 quantidade de CO_2 no sangue, o mecanismo da ventilação reduz a frequência
32 respiratória e o CO_2 se acumula para recompor os valores do sangue normal
33 (ELIAS; SOUZA, 2008).

1 Apesar de eficiente, o mecanismo respiratório pode compensar as
2 alterações apenas dentro de certos limites, que superados, promovem os
3 desvios. Se a acidose (pH inferior a 7,35) for acompanhada por uma PaCO₂
4 superior a 45mmHg – levando em consideração que a PaCO₂ normal oscila
5 entre 35 e 45mmHg – ocorre uma acidose respiratória. Ao contrário, se uma
6 alcalose for acompanhada por uma PaCO₂ inferior a 35mmHg, existe uma
7 alcalose respiratória (ELIAS; SOUZA, 2008).

8 Os sistemas tampão, de ação imediata, neutralizam os ácidos e as
9 bases que se acumulam no organismo através de um mecanismo químico
10 (ELIAS; FAGUNDES; SOUZA, 2008). O mais importante deles na manutenção
11 do pH é o sistema bicarbonato. O bicarbonato (componente metabólico) existe
12 em equilíbrio com o ácido carbônico (componente respiratório) para regular o
13 pH dos líquidos orgânicos. Quando há excesso de íons hidrogênio livres (H⁺),
14 o íon bicarbonato combina-se com eles e forma o ácido carbônico, que por sua
15 vez, se decompõe em CO₂ e água. O excesso de CO₂ é eliminado pelo
16 mecanismo respiratório e a água é eliminada pelos rins (ELIAS; SOUZA, 2008).
17 Mas quando uma base é produzida no organismo, o ácido do sistema tampão
18 reage com ela, produzindo bicarbonato de sódio e água. O bicarbonato em
19 excesso é eliminado pelos rins (ELIAS; FAGUNDES; SOUZA, 2008). Diante de
20 uma alcalose acompanhada da elevação do bicarbonato no sangue e de uma
21 PaCO₂ normal, estamos diante de uma alcalose metabólica. E quando uma
22 acidose ocorre com a PaCO₂ normal e o bicarbonato baixo, existe uma acidose
23 metabólica (ELIAS; SOUZA, 2008).

24 Já o mecanismo renal é o mais lento, embora definitivo, de ajuste na
25 maioria dos desequilíbrios ácido-básicos de origem metabólica. Ele faz com
26 que os rins eliminem urina ácida ou alcalina quando a concentração de íons
27 hidrogênio (H⁺) se afasta do normal. O mecanismo renal de regulação faz
28 variar a concentração de íons bicarbonato (HCO₃⁻) do sangue, mediante
29 reações que se processam nos túbulos renais. Ou seja, os rins regulam a
30 concentração de íons hidrogênio, promovendo o aumento ou a diminuição da
31 concentração dos íons bicarbonato (ELIAS; FAGUNDES; SOUZA, 2008).

32 5 Ajuste dos gases arteriais nos oxigenadores de membrana

33 A perfusão deve ser iniciada com a ventilação do oxigenador na
34 proporção de 1:1 entre o fluxo de gás (FiO₂) e o fluxo arterial. O gás deve ter

1 uma concentração de oxigênio de 60-80% ($FiO_2 = 0,6-0,8$). Logo após
2 estabilizada a perfusão, uma amostra do sangue arterial deve ser analisada e
3 os valores da PaO_2 e da $PaCO_2$ indicarão a necessidade de se fazer alterações
4 na ventilação do oxigenador para ajustar os valores ao desejado. Os ajustes
5 devem ser feitos em pequenas alterações de $\pm 5\%$ na concentração de
6 oxigênio e de $\pm 10\%$ no fluxo do gás (SOUZA; ELIAS, 2006).

7 Se a PaO_2 estiver acima de 200mmHg, deve-se reduzir a FiO_2 . Se ela
8 estiver abaixo de 100mmHg, deve-se aumentá-la. Se a $PaCO_2$ estiver abaixo
9 de 35mmHg deve-se reduzir o fluxo de gás e, do mesmo modo, aumentá-lo
10 caso a $PaCO_2$ esteja acima de 40mmHg. Após qualquer alteração na
11 ventilação do oxigenador, os gases arteriais devem ser analisados (SOUZA;
12 ELIAS, 2006).

13 CONCLUSÃO

14 De acordo com os autores, a análise dos gases sanguíneos nos mostra
15 parâmetros hemodinâmicos e respiratórios confiáveis sobre as trocas gasosas
16 realizadas durante a oxigenação extracorpórea, indicando a necessidade de se
17 fazer ajustes na ventilação do oxigenador para parâmetros desejados.

18 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

19

20 ELIAS, D.O.; FAGUNDES, F.; SOUZA, M. H. Curso: Fundamentos do
21 Equilíbrio Ácido-Base. Disponível em:
22 <<http://perflin.com/cursos/cursos/acbas/acbas07.htm>>. Acesso em 14 fev.
23 2008, 14:32:00.

24

25 ELIAS, D. O.; SOUZA, M. H. L. Curso: Interpretação rápida da gasometria.
26 Disponível em:
27 <<http://www.perflin.com/emc/journal.cgi?folder=gases&next=1>> Acessado
28 em: 13 fev. 2008, 20:13:00.

29

30

31 ORTON, E. C. **Small Animal Thoracic Surgery**. Malvern, PA: Williams &
32 Wilkins.1995. 256 p.

33

34

- 1 SOUZA, M. H. L.; ELIAS, D. O. **Fundamentos da Circulação**
- 2 **Extracorpórea**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Centro Editorial Alfa Rio. 2006,
- 3 809 p.