

CURSO PÓS-GRADUADO

Fisiopatologia Respiratória – da biopatologia à exploração funcional*

VI. Papel da Gasometria Arterial no Exame Funcional Respiratório

JOÃO CARDOSO

Serviço de Pneumologia
Hospital de Santa Marta – Lisboa

O estudo dos gases no sangue arterial (GS) é seguramente o teste da função respiratória mais frequentemente efectuado nos dias de hoje. Em Pneumologia é um elemento fundamental na avaliação da função respiratória nas diversas patologias que a alteram, mas também nas situações de urgência e nos cuidados intensivos é hoje uma rotina.

Os factores que levaram à sua grande utilização resultam de que, em termos fisiopatológicos, a análise dos GS permite obter uma informação global, e em tempo real, dos diversos processos envolvidos na Respiração, assim como do equilíbrio ácido-base. A facilidade de obtenção de amostras, independente da gravidade do doente, sem necessidade nem dependência da sua colaboração, e a possibilidade de obter rapidamente resultados

com os modernos analisadores automatizados são também factores na sua generalização.

Fisiopatologia dos GS

Os GS são o resultado de todos os processos envolvidos na Respiração, em sentido lato, pelo que são um elemento imprescindível no estudo funcional respiratório.

A Respiração é o processo pelo qual são transferidos entre o ar ambiente e as células, o oxigénio (O_2) necessário ao metabolismo e o dióxido carbónico (CO_2) dele resultante.

Podem ser dividida em respiração externa - processos

* Integrado no XI Congresso de Pneumologia, Coimbra, 5 de Novembro de 1995
(Coordenadores do Curso: Prof. A. Bensabat Rendas e Prof. Luis Cardoso de Oliveira)

Recebido para publicação: 97.01.22

Accite para publicação: 97.02.8

pelos quais os gases são trocados entre o ar ambiente e os capilares pulmonares (que compreende a ventilação, a difusão, a perfusão e a relação ventilação/perfusão), e a respiração interna - através da qual o sangue oxigenado é conduzido à periferia celular, e o regresso do sangue desoxigenado e com CO_2 ao pulmão, onde vai condicionar a amplitude das trocas alveolo-capilares no ciclo cardíaco seguinte (inclui o sistema cardiovascular - bomba cardíaca e a regulação do calibre vascular, e a hemoglobina disponível para o transporte).

Os processos envolvidos na respiração externa são habitualmente analisados em Pneumologia e a falência dos relativos à respiração interna são habitualmente encontrados nas UCI em casos de insuficiência cardio-circulatória.

Todos estes mecanismos são regulados ao nível do sistema nervoso central e por receptores periféricos que controlam a ventilação alveolar (ventilação esta que regula também o equilíbrio ácido-base através da maior ou menor excreção respiratória de ácidos voláteis) e por uma regulação essencialmente periférica da perfusão e consequentemente da relação ventilação/perfusão das unidades alveolo-capilares.

Todos estes factores de regulação e de contrarregulação determinam os GS. Só a falência de um ou de vários componentes de compensação permite que num determinado momento os níveis de O_2 e de CO_2 não sejam os adequados.

Factores determinantes da oxigenação

Os principais factores que podem estar envolvidos na oxigenação e de cuja alteração resulta hipoxémia são: - o FiO_2 inspirado (que varia com a altitude), - o nível de ventilação alveolar (ar alveolar com PO_2 próxima do sangue venoso por falta de renovação), - a difusão alveolo-capilar (que pode diminuir por perda da área alveolar de troca - enfisema - ou por aumento da espessura da chamada barreira alveolo-capilar-fibrose); este processo de difusão depende ainda do tempo de trânsito do eritrócito na zona alveolo-capilar e da PO_2 do sangue venoso misto, assim como do volume

sanguíneo; - a magnitude do efeito *shunt* (de pequena importância no indivíduo normal); - e o mais importante de todos a relação da ventilação/perfusão (este conceito baseia-se na existência de unidades alveolo-capilares de maior ou menor quociente de ventilação/perfusão (V/Q), sendo a maioria das unidades de valor próximo de 1; qualquer desvio de um número importante de unidades para um lado ou outro, isto é, unidades ventiladas e não perfundidas ou perfundidas e não ventiladas, conduz à hipoxémia.

Outro factor fundamental na oxigenação periférica é o da curva de dissociação da hemoglobina. A sua forma sigmoide assegura uma saturação quase total da Hb para PO_2 superiores a 60-70 mmHg (acima do chamado "ombro" da curva) e uma rápida libertação do O_2 a valores inferiores (zona vertical da curva) para uma melhor oxigenação periférica. A maior ou menor libertação de O_2 ao nível tecidual (desvio da curva para a direita ou esquerda) é função do pH e da PCO_2 , da temperatura e ainda do teor em difosfoglicerato. A posição da curva de dissociação da hemoglobina pode ser avaliada através da P50 , isto é, a PO_2 (normalmente 27 mmHg) de que resulta uma saturação da Hb de 50%. A quantidade de O_2 (conteúdo de O_2) transportado no sangue depende ainda do teor de Hb.

Factores determinantes da PCO_2

Ao contrário do O_2 , em que menos de 1% é transportado dissolvido, o CO_2 é um gás muito solúvel sendo 70% transportado solubilizado no plasma e só cerca de 30% no eritrócito (pequena fracção ligada à hemoglobina). Destas características químicas do CO_2 resulta que a relação entre a pressão de CO_2 e o seu transporte no sangue seja linear, sendo a difusão alveolo-capilar de CO_2 vinte vezes superior à do oxigénio.

O factor principal de que depende a PCO_2 é o nível de ventilação alveolar e qualquer incremento na PCO_2 desde que acompanhado de igual aumento da ventilação alveolar é imediatamente corrigido. A alteração da ventilação-perfusão também intervém, mas na prática o doente hipoxémico pode encontrar-se normocápnico desde que possa ajustar a sua ventilação alveolar.

Interpretação dos GS

A interpretação dos GS baseia-se na fisiopatologia das trocas gasosas acima descrita.

Sempre que possível devem ser conhecidas a temperatura e a hemoglobina, uma vez que estes factores condicionam a posição da curva de dissociação da oxihemoglobina, assim como o cálculo de valores seus derivados (saturação e conteúdo de O_2). Também para otimizar a interpretação deve ser sempre fornecido o FiO_2 a que o doente está sujeito, pois assim é possível calcular a pressão alveolar de O_2 ($PAO_2 = PI_{O_2} - PaCO_2 / 0.8$) e de seguida avaliar a diferença alveolo-arterial de O_2 ($DAaO_2$).

O primeiro passo na interpretação deve avaliar a ventilação alveolar através da $PaCO_2$. A elevação da $PaCO_2$ indica que a ventilação alveolar é inadequada (e portanto vai ser um factor a condicionar alteração da oxigenação) e numa fase aguda acompanha-se de pH baixo (acidose respiratória). Se a um valor de pH baixo corresponder uma PCO_2 também baixa estamos em presença de uma acidose metabólica. Um outro parâmetro importante na avaliação do equilíbrio ácido-base, o bicarbonato (HCO_3^-), é habitualmente calculado a partir do pH e da PCO_2 .

O passo seguinte é avaliação da PaO_2 e dos parâmetros calculados Saturação de O_2 e Conteúdo de O_2 . A avaliação da oxigenação deve ser preferentemente efectuada a partir da PO_2 e não da saturação, dadas as características da curva da oxihemoglobina, pois numa fase inicial a variação de O_2 não se acompanha de alteração significativa da saturação. Em condições de FiO_2 superior a 21% devemos utilizar a diferença alveoloarterial de $O_2 - D(A-a)O_2$. A avaliação deste parâmetro em função do FiO_2 permite diferenciar como causa de hipoxémia o *shunt*, que não é corrigido pela administração de oxigénio, das alterações da ventilação-perfusão que o são.

A aplicação clínica dos GS é um tema tão vasto que justifica mesmo a existência de um tratado a ele só dedicado. Os GS são um complemento imprescindível no estudo da função respiratória na prática clínica e em termos genéricos e breves, todas as situações de que

resulte alteração aguda ou crónica da função respiratória (no diagnóstico, na avaliação da terapêutica com O_2 ou no doente ventilado), ou qualquer alteração do equilíbrio ácido-base, devem ser avaliadas com base nos GS. No laboratório de função respiratória são um componente imprescindível no estudo da função respiratória e só em situações particulares se deve prescindir deles.

Técnica de medição dos GS

A amostra dos GS é normalmente obtida a partir de sangue arterial. O melhor local para a colheita de amostra é a artéria radial, devendo sempre efectuar-se previamente o teste de Allen (compressão da artéria radial) que identifica eventual lesão do território cubital. Habitualmente a amostra é extraída por agulha e seringa, mas é cada vez mais frequente a utilização de cateter intra-arterial sempre que são necessárias colheitas repetidas. Outros locais que são utilizados para a punção são a artéria humeral e a femural.

O estudo dos GS pode ainda ser efectuado no sangue venoso (reflectindo os valores obtidos o território venoso em causa) e também no sangue capilar (o chamado sangue capilar arterializado que se utiliza no estudo do exercício). No sangue venoso misto (recolhido por cateter venoso central ou na artéria pulmonar) obtêm-se informações fundamentais dos fenómenos de respiração interna, em situações de falência cardiocirculatória, através da determinação da PvO_2 , do transporte e extracção de O_2 , assim como das variáveis hemodinâmicas.

A amostra deve ser analisada de imediato ou colocada em gelo a fim de impedir a baixa de PO_2 derivada do metabolismo leucocitário em situações de leucocitose.

Os erros derivados da amostra são habitualmente devidos à existência de pequenas bolhas de ar, a excesso de heparina ou à não homogeneidade da amostra.

Valores normais

A existência de valores considerados normais é

essencial na avaliação de qualquer teste. Embora existam poucos estudos em que nos possamos basear, os valores considerados normais são para o pH entre 7.35 e 7.45, para o PCO₂ entre 35 e 45 mmHg, e para o PO₂ entre 80 e o máximo de 100 mmHg para um FiO₂ de 21%.

Para a PO₂ existem algumas equações de referência como a de Mellemgard (PO₂=104.2-0.27*idade) e a de Sorbini (PO₂=109-0.43*idade).

A reprodutibilidade estimada é de pH ± 0.02, PCO₂ ± 3 mmHg e PO₂ ± 3 mmHg.

Outras técnicas de estudo dos GS

Extraordinários progressos têm sido efectuados no desenvolvimento de técnicas não invasivas de estudo dos GS.

Destas a mais difundida é a oximetria de orelha ou de pulso. É actualmente uma técnica fundamental em variadas situações como por exemplo na avaliação do comportamento respiratório no sono, no exercício, na regulação da prescrição de O₂, na monitorização de

técnicas invasivas (broncoscopia), como adjuvante no bloco operatório ou ainda na UCI. O oxímetro é um espectrofotómetro que mede a diferença de absorção a diferentes comprimentos de onda de infravermelhos por parte dos tecidos, da oxi- e da carboxihemoglobina, derivando a saturação de O₂ aqui designada como SpO₂. Não tem o rigor da saturação medida directamente no sangue, mas tem a vantagem de não ser uma técnica invasiva e de dar informações contínuas (monitorização).

A miniaturização dos eléctrodos de O₂ e de CO₂ aplicados à superfície da pele (transcutânea) previamente aquecida a 45°C é outro método não invasivo com utilização frequente nas UCI.

Outros métodos utilizam a análise de gases inspirados e expirados. É o caso dos analisadores de O₂ e de CO₂ utilizados nos estudos de esforço, da análise do CO₂ expirado por capnografia ou a mais sofisticada espectrometria de massa (em estudos de esforço ou de ventilação/perfusão).

Existem também hoje adaptações da oximetria aos cateteres da artéria pulmonar, que embora de forma invasiva, permitem a monitorização da saturação de O₂ do sangue venoso misto.

BIBLIOGRAFIA

- ADROGUE HJ et al. Assessing acid-base status in circulatory failure, *N. Engl. J. Med.*, 1989, 320: 1312-6.
- BATES DV. Respiratory function in disease, ed. 3, 1989, W.B. Saunders Company
- CLAUSEN JL. Pulmonary function testing - guidelines and controversies, 1982, Academic Press.
- COTES JE. Lung function, ed. 5, 1993, Blackwell Scientific Publications
- MURRAY JF, NADEL JA. Respiratory Medicine, ed. 2, 1994, W.B. Saunders Company
- RAFFIN TA. Indications for arterial blood gas analysis, *Annals of Internal Medicine*, 1986; 105: 390-398.
- SHAPIRO BA et al. Clinical application of blood gases, ed. 4, 1989, Year Book Medical Publishers
- WEST JB. Respiratory Physiology, the essentials, ed. 3, 1985, Williams & Wilkins.
- WEST JB. Pulmonary Pathophysiology, the essentials, ed. 3, 1987, Williams & Wilkins