



O FLUXO DE AR

curso • **Fisiologia Respiratória**

INTRODUÇÃO

Para entender sobre a fisiologia respiratória que controla o fluxo de ar é importante lembrar algumas estruturas anatômicas. A unidade de troca gasosa presente no pulmão é o alvéolo pulmonar. Este, garante uma alta superfície de troca gasosa (aproximadamente 140 m².) A arquitetura da árvore respiratória começa na traqueia, que se bifurca nos dois brônquios fonte ou principais, região conhecida como carina. Os brônquios principais se bifurcam e dão origem aos brônquios lobares, que então dão origem aos chamados brônquios segmentares. Após as bifurcações, os brônquios originam bronquíolos. Estes, são desprovidos de cartilagem e glândulas submucosas, e contém uma acentuada camada muscular lisa. Dessa forma, há formação dos ácidos (unidade respiratória) a partir das bifurcações dos bronquíolos terminais. O ácido é formado por estruturas ricas em alvéolos. O bronquíolo terminal se bifurca, formando os bronquíolos respiratórios, contendo alguns alvéolos em sua parede, que, por sua vez, originam os ductos alveolares, que terminam nos sacos alveolares, estruturas formadas apenas por alvéolos. Os alvéolos são providos por uma rica rede de capilares, que são muito importantes para o processo de troca gasosa.

É importante destacar também a estrutura do lóbulo pulmonar, que possui a forma de pirâmide cuja base está voltada para a superfície pulmonar e reúne ácidos em sua estrutura. Este é uma porção de parênquima pulmonar que é envolvida pelos septos de tecido conjuntivo, onde passam vasos e nervos.

A parede alveolar é constituída pelo epitélio alveolar (pneumócitos), membrana basal e endotélio capilar. A maior parte da superfície do epitélio alveolar é formada pelos pneumócito tipo I, mas também possui em sua superfície os pneumócitos tipo II.



CAVIDADE TORÁCICA E CAVIDADE PLEURAL

Torácica

- Abrange todo o tórax o indivíduo.
- Existem outras cavidades dentro da cavidade torácica, tais como:
 - Pleurais: localização dos pulmões e é revestida pela pleura parietal.
 - Pericárdica: localização do coração e revestida pelo mesotélio.
 - Mediastino: passagem de estruturas, como esôfago, traquéia e brônquios.

Pleural

- Está no interior da cavidade torácica
- É revestida pela pleura parietal externamente e pela pleura visceral internamente. Entre as duas pleuras há o espaço pleural que é preenchido pelo líquido pleural com a função que evitar o atrito entre as pleuras.
- Possui 4L de capacidade aproximadamente.

PARÊNQUIMA PULMONAR E INTERSTÍCIO PULMONAR

Parênquima pulmonar é o conjunto de todos os tecidos e estruturas que há no interior do pulmão que são extremamente desenvolvidas, tais como a traqueia, brônquios que se desenvolvem em brônquios segmentares, bronquíolos e alvéolos. Assim, o conjunto de todas essas estruturas forma o parênquima pulmonar. Este precisa estar sadio para que o paciente consiga exercer toda a capacidade total para que o fluxo de ar seja rápido, preciso e que não tenha impactos metabólicos no organismo.

O espaço intersticial, ou interstício pulmonar, é composto de tecido conjuntivo, músculo liso, vasos linfáticos, capilares e muitas outras células.



MECÂNICA DA RESPIRAÇÃO

Um indivíduo sadio em repouso respira sem realizar um esforço consciente, mas, se os músculos forem levados a aumentar o trabalho, ele irá tomar consciência de sua respiração, de forma imediata. Para que o ar entre nos pulmões é necessário que haja gradiente de pressão que é provocado pelos músculos expiratórios e inspiratórios. Dentro deles, os mais importantes inspiratórios são o diafragma, músculos intercostais, músculo escaleno e esternocleidomastoideo e são responsáveis por criar uma pressão negativa dentro dos alvéolos pulmonares que faz com que o ar entre nos mesmos, causando uma elevação da caixa torácica. Já na expiração, os músculos mais importantes são os intercostais. Esta musculatura esquelética recebe uma rica inervação, através do nervo frênico, nervos intercostais e nervo vago.

A ventilação é o processo de entrada e saída de ar nos pulmões a cada ciclo respiratório, dividida em duas fases: a inspiração (entrada de ar nos pulmões) e a expiração (saída de ar dos pulmões). O controle da ventilação espontânea é realizado por centros neuronais localizados no bulbo e recebem influência de outros centros do tronco encefálico. A ventilação procede de forma involuntária, controlada pelo centro bulbar, utilizando mecanismos de automatismo intrínseco, de arco-reflexo mecânico e a influência das concentrações de CO₂ e O₂ no sangue arterial e no líquido.

A inspiração é o resultado de uma pressão negativa intratorácica, que ocorre pela contração da musculatura respiratória. Essa pressão que desencadeia a inspiração é medida no interior do espaço pleural (pressão intrapleural) que reflete a pressão dentro da cavidade torácica (pressão intratorácica). Dessa forma, o ar ambiente é puxado para dentro do tórax pela contração dos músculos respiratórios, especialmente o diafragma. Assim, a inspiração é um processo ativo, no qual exige contração muscular.



Já a expiração ocorre de forma passiva, ou seja, é representada pela recuperação elástica do diafragma, dos pulmões e da caixa torácica, retornando para a sua posição de repouso. Dessa maneira, no final de uma expiração espontânea, os pulmões e a caixa torácica estão no estado de repouso ou equilíbrio.

CONTROLE INVOLUNTÁRIO DA RESPIRAÇÃO

Os músculos respiratórios são esqueléticos e, dessa forma, precisam de um controle neural para se contrair de forma rítmica. Este controle é centralizado no tronco cerebral, mais especificamente nas regiões pontina e bulbar (bulbar é a principal) onde se localiza o centro respiratório. Dessa maneira, os neurônios mandam axônios que fazem sinapse com neurônios da medula espinhal cervical (ao nível de C2-C3), de onde se origina o nervo frênico (responsável pela inervação diafragmática), e da medula espinhal torácica, de onde se originam os nervos intercostais. Assim, uma lesão grave do centro respiratório bulbar ou uma secção entre o bulbo e a porção superior da medula causam a imediata parada respiratória.

O principal regulador da ventilação pulmonar é a PaCO_2 , indiretamente ao alterar o pH sanguíneo. Dizemos então que o regulador ventilação pulmonar é, portanto, o pH do sangue e do líquido. O CO_2 funciona como ácido no organismo, visto que, é convertido, por ação da anidrase carbônica, em ácido carbônico que libera H^+ , acidificando o meio. O CO_2 se difunde com facilidade pela barreira hematoliquórica e consegue fazer com que o líquido fique ácido e, como o líquido está altamente relacionado com o bulbo, faz com que haja uma hiperventilação para que a acidez seja reduzida. O contrário ocorre quando o líquido está básico em que há hipoventilação.



A pressão de gás oxigênio também contribui para a regulação da ventilação pulmonar, agindo diretamente nos quimiorreceptores da bifurcação carotídea e do arco aórtico. Na hipoxemia ocorre um estímulo a esses quimiorreceptores, provocando o aumento da ventilação pulmonar. Porém, este estímulo é muito inferior ao estímulo do aumento da PaCO₂. Portanto, quando a PaCO₂ está normal ou reduzida, a hipoxemia contribui de forma discreta para o estímulo ventilatório, a não ser que haja hipoxemia acentuada ($pO_2 < 65$ mmHg), quando o estímulo passa a ser intenso. A anemia muito grave causa hiperventilação simplesmente por reduzir o aporte de O₂ aos quimiorreceptores acima descritos. Outros estímulos mal compreendidos à ventilação pulmonar são: exercício físico, emoção, febre, adrenalina e dor. Daí a hiperventilação associada a tais fatores. O controle voluntário da ventilação está localizado no córtex motor.

VOLUMES PULMONARES

- Volume corrente: é o volume de ar que entra e sai dos pulmões a cada ciclo em situações de repouso, ou seja, em situações normais. Corresponde a 500ml e, quando multiplicado pela frequência respiratória (FR), define o volume minuto, que representa o ar que entra e sai dos pulmões durante um minuto (500ml/min). Este volume é distribuído por toda a árvore respiratória, sendo que somente 70% dele chega efetivamente aos alvéolos (ventilação alveolar) e os 30% restantes preenchem a traqueia e a árvore brônquica (espaço morto). Portanto, um adulto normal possui uma ventilação alveolar em torno de 5 L/min e uma ventilação do espaço morto de aproximadamente 2 L/min.
- Volume de reserva inspiratório (VRI): possui 3L de ar e representa um volume de reserva da parte inspiratória da respiração, ou seja, é um volume que se pode inspirar além do volume corrente. É um volume



muito importante na atividade física em que há demanda energética maior.

- Volume de reserva expiratório (VRE): representa o volume que pode expirar além do volume corrente, ou seja, é o inverso do VRI. O valor do volume de reserva expiratório é de aproximadamente 1,1L de ar.
- Volume residual (VR): é o volume de ar que sobra no pulmão após realizar uma expiração máxima/forçada.

CAPACIDADES PULMONARES

- Capacidade pulmonar total: capacidade total de volume no interior dos pulmões, equivale à adição dos quatro volumes primários. O ser humano chega a essa capacidade quando realiza uma respiração forçada.
- Capacidade inspiratória: Volume máximo inspirado a partir de uma expiração espontânea. Corresponde à soma dos volumes corrente e de reserva inspiratório.
- Capacidade residual funcional: Quantidade de gás contida nos pulmões no final de uma respiração espontânea. Corresponde à soma dos volumes de reserva expiratório e residual.
- Capacidade vital forçada: Quantidade de gás mobilizada entre uma inspiração e uma expiração máxima. É igual à soma dos volumes de corrente, de reserva inspiratório e de reserva expiratório. É muito importante para identificar se o indivíduo possui uma doença restritiva ou obstrutiva.



O volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1) é o volume em que, após inspirar, o paciente coloca para fora todo o volume que consegue no primeiro segundo de expiração. Dessa forma, o índice de Tiffeneau é a relação entre o VEF1 e o CVF (capacidade vital forçada) e é utilizado para avaliar as doenças obstrutivas.

FLUXO DE AR NAS VIAS AÉREAS

Para que haja movimento respiratório é necessário que haja gradiente de pressão. Este é provocado, principalmente, pelos músculos respiratórios. Dessa forma, no processo da inspiração, quando ocorre movimento respiratório (principalmente pela ação do diafragma), é criada uma pressão negativa dentro dos alvéolos e o ar entra dentro dos pulmões. No processo da expiração ocorre o inverso em que a pressão fica positiva no meio alveolar e negativa no meio externo, fazendo com que haja saída de ar de dentro dos pulmões para o meio exterior.

O fluxo de ar precisa ser muito rápido e intenso para que atenda as demandas energéticas e metabólicas, ou seja, é necessário que haja muito oxigênio no fluxo corrente.

Há dois aspectos principais que influenciam na velocidade do fluxo de ar que são o padrão do fluxo gasoso e a resistência das vias aéreas.

1. Padrão do fluxo gasoso: há dois tipos de padrões de fluxo dentro das vias: fluxo turbulento e fluxo laminar.

a) **Turbulento:** dá para ouvir no estetoscópio. O fluxo de ar é turbulento na parte em que o conduto respiratório é mais espesso. Dessa forma, há mais espaço para que o ar se choque com as paredes do tubo respiratório, fazendo como se fosse turbilhões de ar dentro da parede. É um fluxo mais lento do que o laminar. É o local em que está encontrado o espaço morto anatômico e, por esse motivo, não há problema em ser lento ou ser turbulento.



b) Laminar: não dá para ouvir no estetoscópio. É o fluxo que passa paralelo a parede do tubo respiratório, ou seja, não faz o turbilhão que existe no fluxo turbulento. Possui uma relação direto com o muco, deixando-o mais fluido e fazendo com que fique mais rápido. Está presente nos locais de hematose.

- 1.** Resistência das vias aéreas: para que o fluxo seja rápido, é necessário seguir um padrão que, em determinadas regiões do pulmão, vai ser turbulento e outras regiões laminar. É necessário que haja uma resistência cada vez menor no fluxo para que ele ocorra da melhor maneira. Assim, há situações que influenciam diretamente na resistência do ar.

a) Calibre da via: vai influenciar diretamente no fluxo de ar quando a via for estreita onde o fluxo de ar é laminar.

b) Volume pulmonar.

c) Muco nas vias.

d) Edema: pode tornar o fluxo mais resistente.

e) Contração da musculatura lisa: se há contração faz com que fique mais resistente.

f) Viscosidade dos gases: quando há aumento da viscosidade, há também aumento da resistência do fluxo. Dessa forma, indivíduos com DPOC não podem realizar mergulhos prolongados com ar comprido devido a alteração da viscosidade dos gases.

