



## A Fisiologia da Oxigenoterapia Hiperbárica

Física: as leis dos gases

Resumo: Uma revisão das quatro principais leis do gás que afetam ou explicam o básico teoria para o desenvolvimento de altas concentrações de oxigênio no sangue durante a oxigenoterapia hiperbárica (OHB).

I. Quatro das leis dos gases afetam diretamente a produção de alto teor de oxigênio no sangue

1. Lei de Boyle
2. Lei de Dalton
3. Lei de Henry
4. Lei de Graham

Outras leis de gás foram desenvolvidas e são utilizadas para explicar fenômenos que ocorrem aumentando ou diminuindo a pressão em torno de coisas vivas e não vivas.

1. Lei de Gay Lussac
2. Lei de Charles
3. Lei de Pascal
4. Lei Geral do Gás

II. Lei de Boyle

A Lei de Boyles relaciona o volume e a densidade de um gás com a pressão em um Temperatura constante.

### Lei de Boyles

A uma temperatura constante, o volume de um gás é inversamente proporcional à pressão e a densidade de um gás é diretamente proporcional ao à pressão.

1. O volume está inversamente relacionado à pressão.

Inversamente = conforme a pressão aumenta o volume de um gás diminui e conforme a pressão diminui o volume aumenta.

uma. Consequência: conforme você aumenta a pressão ao redor um paciente, o volume de gás em qualquer espaço preenchido com gás em o corpo diminuirá. Por outro lado, conforme você diminui a pressão em torno do paciente, o volume de gás em os mesmos espaços vão aumentar.

O volume de cada alvéolo diminuirá à medida que é pressurizado na câmara hiperbárica.

2. A densidade está diretamente relacionada à pressão. Diretamente = conforme a pressão aumenta a densidade do gás moléculas aumentam.
- uma. Pense no gás como muitas moléculas de gás ocupando um determinado volume.
- b. Conforme a pressão aumenta, o volume do espaço contendo as moléculas de gás diminui, mas ainda contém o mesmo número de moléculas de gás. O as moléculas se tornam mais compactadas conforme o volume diminui. As moléculas são mais densas, mais concentrado em uma área menor.
  - c. Consequência: o volume do alvéolo diminui conforme a pressão aumenta em torno dele. O oxigênio moléculas no alvéolo tornam-se mais concentradas ou mais denso que apresenta mais moléculas de oxigênio para ser transferido para o sangue por difusão. Por causa da Lei de Boyles, podemos fornecer mais oxigênio no pulmão para transferência para o sangue.

### III. Lei de Dalton

A Lei de Dalton descreve a relação da pressão dos gases individuais em um mistura de gases à pressão total da mistura de gases.

#### Lei de Dalton

A pressão total exercida por uma mistura de gases é igual à soma do pressão de cada gás individual na mistura. O todo é igual ao soma de suas partes.

1. O ar que respiramos é uma mistura de gases:  
21% de oxigênio  
78% de nitrogênio  
1% outros gases  
(para aplicação prática, ignoramos o 1% de outros gases ar é 21% oxigênio, 79% nitrogênio)
2. A pressão de uma mistura de gases não é medida em%, mas em alguma unidade de pressão, como mmHg, cmH<sub>2</sub>O, atmosferas, barr, etc.  
Para determinar a pressão que cada gás em uma mistura exerce podemos multiplicar a% do gás na mistura vezes o pressão total da mistura.

uma. Se estivermos ao nível do mar, a pressão atmosférica é 760 mmHg. O ar que respiramos (mistura de gases) tem um pressão de 760 mmHg (pressão total).

Portanto:

A pressão do O<sub>2</sub> no ar que respiramos é  $760 \text{ mmHg} \times 0,21 \text{ (21\%)} = 159,6 \text{ mmHg}$

A pressão do nitrogênio no ar é  $760 \text{ mmHg} \times 0,79 \text{ (79\%)} = 600,4 \text{ mmHg}$

A pressão total do gás

é  $159,6 + 600,4 = 760 \text{ mmHg}$  nível do mar

3. O que acontece se respirarmos um gás que é 100% oxigênio em vez de 21% de oxigênio ao nível do mar.

uma.  $760 \text{ mmHg} \times 1,0 \text{ (100\%)} = 760 \text{ mmHg O}_2$

A pressão do oxigênio que respiramos neste caso é agora 4 vezes maior do que se estivéssemos respirando ar no mar nível, 760 mmHg vs. 159,6 mmHg.

4. O que acontece se aumentarmos a pressão em que respiramos um gás ou mistura de gases (aumente o pressão total) para alguma pressão diferente do nível do mar (760 mmHg) como aconteceria durante o mergulho debaixo d'água ou na câmara hiperbárica.

uma. Aumentando a pressão total da mistura aumentaria a pressão de cada componente gás de acordo com sua porcentagem do total.

b. A 2 atmosferas (2 ATA) de pressão (33 pés sob água do mar) a pressão do ar em mmHg seria:

$760 \text{ mmHg (1 ATA)} \times 2 = 1520 \text{ mmHg}$

A pressão de oxigênio em 2 ATA seria então:

$1520 \text{ mmHg} \times 0,21 \text{ (21\%)} = 319,2 \text{ mmHg}$

Isso representaria duas vezes mais oxigênio do que respirar o ar ao nível do mar.

Respirando oxigênio 100% a 2 ATA do oxigênio pressão no gás inspirado seria:

$1520 \text{ mmHg} \times 1,0 \text{ (100\%)} = 1520 \text{ mmHg}$

Isso é 9,5 vezes mais O<sub>2</sub> do que respirar ar em nível do mar.

5. A concentração de gases inalados com cada respiração versus a concentração de gases nos alvéolos dos pulmões.

uma. O principal objetivo do trato respiratório e do pulmões é transferir O<sub>2</sub> do ar que respiramos para o sangue e remover o CO<sub>2</sub> do sangue para o ar que expirar. O oxigênio é necessário para os tecidos do corpo para o metabolismo celular e o subproduto do metabolismo, CO<sub>2</sub>, precisa ser removido.

- b. À medida que inalamos o ar atmosférico, ele se mistura com o ar vindo dos alvéolos do pulmão que está baixo em O<sub>2</sub> e alto em CO<sub>2</sub>. Essa mistura causa um diluição do oxigênio no novo ar inspirado. Portanto, a concentração real de oxigênio no alvéolo será menor que a concentração de oxigênio inspirado com cada respiração.
- c. Em um paciente com função respiratória normal, o pressão de oxigênio no alvéolo ao respirar o ar ao nível do mar (760 mmHg, 21% de oxigênio) é aproximadamente 100-115 mmHg. Isso é 44-59 mmHg menos do que a pressão do oxigênio no ar atmosférico.
- d. O efeito de respirar oxigênio 100% ao nível do mar (760 mmHg) na pressão de oxigênio no alvéolo seria aumentar a concentração, mas a diluição com ar vindo do alvéolo reduziria novamente a concentração final de oxigênio entregue ao alvéolo. Oxigênio 100%  $\times$  760 mmHg  $\times$  1,0 = 760 O<sub>2</sub> no ar inspirado. No alvéolo, a concentração final seria de aproximadamente 678 mmHg, 82 mmHg menor. Esse mesmo efeito também ocorre quando colocamos um paciente na câmara hiperbárica e administramos oxigênio a 100%. No entanto, por causa dos efeitos das Leis de Boyles e Dalton, podemos aumentar significativamente a concentração de oxigênio no alvéolo.

#### IV. Leis de Dalton e Boyle

Explica como uma concentração muito alta de oxigênio pode ser desenvolvida no alvéolo durante a oxigenoterapia hiperbárica.

1. A Lei de Dalton diz que podemos aumentar o concentração inspirada de oxigênio se entregarmos ar ou oxigênio 100% sob ambiente aumentado pressão.
2. A lei de Boyle diz que como a pressão circundante aumenta o volume do alvéolo vai diminuir, concentração das moléculas de gás ( $\uparrow$  sua densidade) disponibilizando mais moléculas por unidade de volume.
3. Os dois fenômenos da lei dos gases, então, essencialmente fornecer mais moléculas de gás para difundir a partir do alvéolo ao sangue.

## V. Lei de Grahms

A Lei de Graham descreve a relação da pressão (concentração) de um gás para como ele se move.

### **Lei de Graham**

A lei de Graham afirma que oxigênio e dióxido de carbono (e outros gases) mover-se de forma independente, em taxas diferentes, de uma área de alta pressão para uma área de pressão mais baixa.

1. No pulmão, os gases devem se difundir dos alvéolos para o sangue através de uma fina membrana alveolar, um pequeno espaço entre alvéolo e capilar, e através do parede celular capilar. Isso é o mesmo que difundir através uma membrana semipermeável.
2. Conforme respiramos o ar à pressão atmosférica (ao nível do mar) estamos constantemente reabastecendo as moléculas de oxigênio no alvéolo. À medida que o sangue passa pelos vários tecidos o oxigênio é extraído do sangue. Como o sangue do tecidos retornam ao pulmão, sua concentração de oxigênio é baixa. Consequentemente, a pressão (concentração) de oxigênio em o alvéolo permanece constantemente mais alto do que no sangue dos tecidos. De acordo com a Lei da Difusão de Graham, o oxigênio irá mover-se da área de maior concentração (o alvéolo) para uma área de concentração mais baixa (o sangue).
3. Se aumentarmos a concentração de oxigênio no alvéolo, como na terapia hiperbárica (leis de Boyle e Dalton), vamos fazer com que ainda mais oxigênio se mova para o sangue. As moléculas de gás são muito ativas. À medida que aumentamos o concentração aumentamos o número de moléculas atingindo a membrana semipermeável. Isso vai aumentar o número que se difunde.
4. A mesma lei de difusão se aplica ao nível do tecido. Como os tecidos usam oxigênio, a concentração torna-se mais baixa no tecido do que a concentração no sangue, assim, mais oxigênio se difunde do sangue para os tecidos.

## VI. Lei de Henry

A Lei de Henry relaciona a quantidade de gás que pode ser dissolvido em líquido à pressão do gás acima do líquido.

### Lei de Henry

A Lei de Henry afirma que a solubilidade de um gás (quanto é dissolvido) em um líquido é diretamente proporcional à pressão do gás em contato com o líquido.

1. No caso do corpo, o líquido é o sangue. A pressão é a concentração de oxigênio à medida que se difunde do alvéolo ao sangue.
2. Após sua entrada no sangue, uma certa quantidade de oxigênio é imediatamente combinado com a hemoglobina no sangue. Se o paciente estiver respirando ar ao nível do mar, a maior parte do oxigênio no sangue é combinado com a hemoglobina. Muito pequena quantidade é dissolvida no plasma.

uma. A quantidade de oxigênio transportado pela hemoglobina depende da quantidade de hemoglobina no sangue. Em geral, 100 ml (3,33 onças) de sangue carregam aproximadamente 20,4 ml de oxigênio. Uma vez que a hemoglobina é saturado com oxigênio, não fornece nenhum oxigênio para os tecidos em condições hiperbáricas.

b. Uma quantidade muito pequena de oxigênio, não combinada com hemoglobina, é dissolvida no plasma quando um paciente respira ar ao nível do mar (1 ATA). Aproximadamente 100 ml (3,33 onças) de sangue contém apenas 0,31 ml de oxigênio ao nível do mar.

Em condições hiperbáricas, mais oxigênio está disponível a ser dissolvido no plasma governado por Henry's Lei. Para cada aumento de 100 mmHg no oxigênio pressão no alvéolo outros 0,31 ml de oxigênio pode ser dissolvido no plasma. Podemos aumentar o oxigênio dissolvido até 15 vezes o normal pelo uso de terapia hiperbárica.

3. Consequência: a Lei de Henry é a razão de ter uma alta concentração de oxigênio no alvéolo irá criar uma alta concentração no sangue indo para os tecidos

## As Leis dos Gases e a Terapia de Oxigênio Hiperbárico – Resumo

