

RESPIRAÇÃO EM MAMÍFEROS

(MORAES, I.A.)

I - INTRODUÇÃO

1- ESTRUTURA E FUNÇÃO DO SISTEMA RESPIRATÓRIO

O sistema respiratório fornece oxigênio para sustentar o metabolismo tecidual e remove dióxido de carbono. O consumo de oxigênio e a produção de dióxido de carbono variam com a taxa metabólica, que depende principalmente da atividade física. As espécies menores têm o consumo de oxigênio por quilo de peso corpóreo mais alto que as espécies maiores. Quando os animais se exercitam, os músculos requerem mais oxigênio, e portanto o consumo de oxigênio aumenta. O consumo máximo de oxigênio no cavalo é três vezes maior que o consumo máximo de oxigênio em uma vaca de peso corpóreo similar, e os cães têm consumo máximo de oxigênio mais alto que os caprinos de mesmo tamanho. As espécies mais aeróbias, como os cães e eqüinos, têm um volume máximo de consumo de oxigênio mais alto pois a densidade mitocondrial do músculo esquelético é maior que nas espécies menos aeróbias.

Embora as exigências de troca gasosa variem com o metabolismo e possam aumentar até trinta vezes durante exercício vigoroso, normalmente elas são feitas com pequeno custo energético. Quando os animais têm enfermidade respiratória, o custo energético da respiração aumenta, havendo portanto, menos energia disponível para a realização de exercícios físicos e conseqüentemente menor desempenho do animal.

O sistema respiratório também é importante na termorregulação, no metabolismo de substâncias endógenas e exógenas, e na proteção do animal contra poeiras e agentes infecciosos inalados. A função dos órgãos da respiração está estreitamente ligada ao coração e à circulação.

Narinas

As narinas são as aberturas pares externas para a passagem do ar. Elas são mais flexíveis e dilatáveis no cavalo e mais rígidas no suíno. A dilatação da narina é vantajosa quando há maior requerimento de ar, como exemplo, em animais corredores e naqueles em que a respiração não ocorre pela boca. O cavalo é um corredor e a sua respiração se faz somente pelas narinas, isso sugere que as narinas dilatáveis sejam uma adaptação.

Cavidades Nasais

As narinas formam a abertura externa para um par de cavidades nasais. Essas cavidades são separadas dentre si pelo septo nasal e da boca pelos palatos duro e mole. Além disso, cada cavidade nasal contém ossos turbinados (conchas) que se projetam para o interior das paredes dorsal e lateral, separando a cavidade em passagens conhecidas como meatos comum, dorsal, médio e ventral. A mucosa dos ossos turbinados é bem vascularizada e serve para aquecer e umidificar o ar inalado.

Outra função para as conchas refere-se ao esfriamento do sangue que supre o encéfalo. As artérias que irrigam o encéfalo dividem-se em artérias menores em sua base e reúnem-se antes de emergir. Essas artérias menores são banhadas de sangue venoso que vem das paredes das passagens nasais, onde foi esfriado. Como resultado, a temperatura do encéfalo pode ser diminuída em 2 ou 3°C em relação a temperatura do corpo. O encéfalo é o órgão mais sensível ao calor, de forma que esse método de resfriamento é particularmente importante durante os momentos de extrema atividade. O epitélio olfatório está localizado na porção caudal de cada cavidade nasal e a melhor percepção de odores é conseguida pelo ato de farejar (isto é, inspirações e expirações rápidas, alternadas e superficiais)

Faringe

A faringe é caudal às cavidades nasais sendo uma via comum de passagem para ar e o alimento. A abertura da faringe que leva à continuação da via de passagem de ar é a glote.

Imediatamente caudal à glote está a laringe, o órgão de fonação dos mamíferos.

O som é produzido pela passagem controlada de ar, que causa vibração de cordas vocais na laringe.

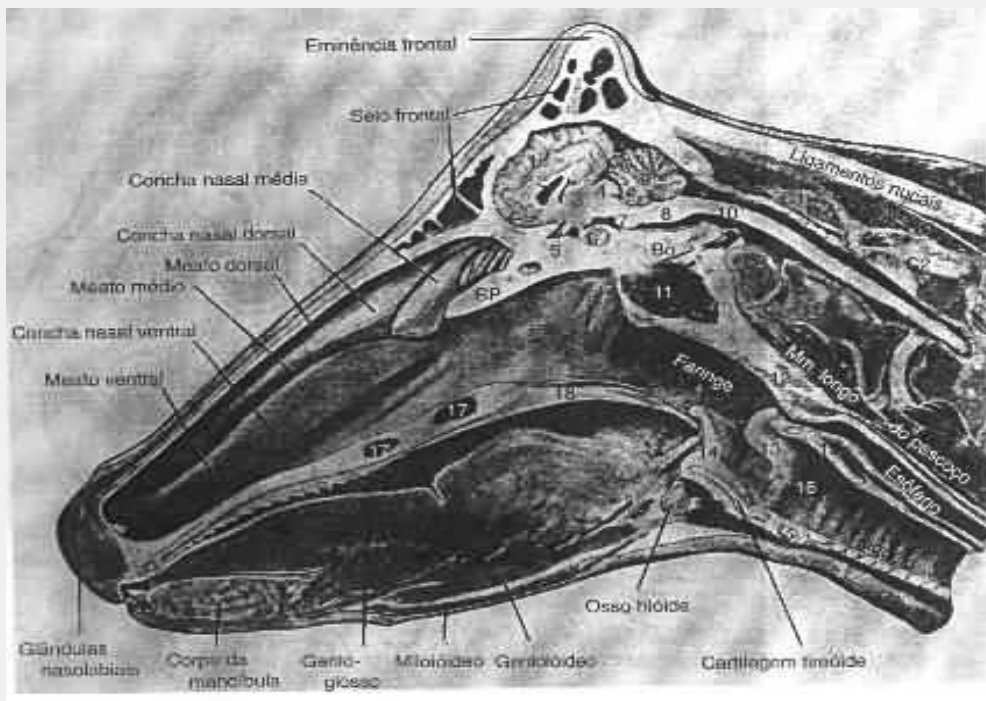
Traquéia e suas subdivisões

A traquéia é a via primária de passagem de ar para os pulmões. Ela é contínua à laringe cranialmente e divide-se caudalmente para formar os brônquios direito e esquerdo.

Os brônquios direito e esquerdo e suas subdivisões continuam seu caminho para os alvéolos.

As subdivisões da traquéia para os alvéolos são:

- Brônquios
- Bronquíolos
- Bronquíolos terminais
- Bronquíolos respiratórios
- Ducto alveolar
- Saco alveolar
- Alvéolos



Secção sagital mediana da cabeça de uma vaca com o septo nasal removido. De Guetty, R.Sisson & Grossman's *Anatomy of the Domestic Animals*. 5ª edição Philadelphia, WB. Saunders, 1975

Alvéolos Pulmonares

Os alvéolos pulmonares são os principais sítios de difusão gasosa entre o ar e o sangue dos mamíferos. A separação entre o ar e o sangue, ou seja, a distância de difusão é mínima, estando o epitélio alveolar e o endotélio capilar intimamente associados. Através da hematose o sangue venoso da artéria pulmonar torna-se sangue arterial e retorna ao átrio esquerdo através das veias pulmonares.

Pulmões

Os pulmões são as principais estruturas do sistema respiratório. São estruturas pares e ocupam todo o espaço no tórax. Quando o tórax se expande em volume, os pulmões também se expandem, isso faz com que o ar flua para o interior dos pulmões. Os pulmões se movimentam sem qualquer atrito no interior do tórax devido a presença da pleura (membrana serosa lisa).

Pleura

A pleura consiste de uma simples camada de células fundidas à superfície de uma camada de tecido conjuntivo. Ela envolve ambos os pulmões (pleura visceral) e se reflete dorsalmente, retornando pela parede interna do tórax e contribuindo para sua cobertura (pleura parietal). O espaço entre as respectivas camadas de pleura visceral, quando elas ascendem para a parede dorsal é conhecido como espaço mediastino. No interior do espaço mediastino estão a veia cava, o ducto linfático torácico, o esôfago, aorta e traquéia. O espaço mediastino está intimamente associado ao espaço intrapleural (espaço entre a pleura visceral e parietal); assim as alterações de pressão no espaço intrapleural são acompanhadas por alterações similares no espaço mediastino. Da mesma forma, as alterações de pressão no espaço mediastino são acompanhadas no interior das estruturas mediastínicas, contanto que suas paredes sejam responsivas a distensibilidade em relação a baixa pressão.

2- HISTÓRICO

Através, desse longo período de tempo muitos fenômenos respiratórios foram descobertos e descritos por grandes nomes da Ciência que contribuíram para o grande desenvolvimento e conhecimento da fisiologia respiratória.

GALENO => Século II -observou que o sangue entrava nos pulmões e retornava carregado com um grande "espírito vital". Por meios experimentais, ele demonstrou que as artérias continham apenas sangue e não eram estruturas pneumáticas como se acreditava antes.

MALPIGHI => Século XVII - observou que o ar passava via traquéia e estabeleceu a teoria de que havia uma passagem direta de ar dos pulmões para o ventrículo esquerdo.

LOWER => Demonstrou que a mudança da cor do sangue de vermelho escuro para vermelho rutilante ocorria nos pulmões como resultado do recebimento de "alguma coisa".

ANTOINE LAVOISIER => Expôs a verdadeira natureza da combustão e respiração, mostrando que tais processos são semelhantes e que envolvem a tomada do que ele chamou "oxygine" a partir do ar e a produção de "gás do ácido carbônico".

AUGUST e MARIE KROGH => Século XX - evidenciaram o fenômeno da difusão pulmonar

3- FÍSICA DOS GASES

Várias leis da física são úteis no estudo dos gases.

LEI DE BOYLE =>Essa lei relaciona pressão com volume: "O volume do gás varia inversamente com a pressão"

LEI DE CHARLES => "O volume do gás aumenta diretamente na proporção do aumento da temperatura em situação de pressão constante"

LEI DE HENRY => Relaciona-se aos volumes de gases que se dissolvem na água : "O volume do gás que se dissolve na água em equilíbrio é afetada pela pressão do gás ao qual a água é exposta e também pelo coeficiente de solubilidade do gás, sendo diretamente proporcional a cada um deles".

Os gases de interesse para a água corporal animal são o dióxido de carbono, oxigênio e nitrogênio. O gás carbônico é o mais solúvel dos três e o nitrogênio é o menos solúvel.

4- PRESSÃO PARCIAL

É a pressão exercida por um dado gás em uma mistura de gases, assim, a soma das pressões parciais de cada um dos gases em uma mistura é sempre igual à pressão total.

A medida é na maior parte das vezes feita em mmHg.

Pressões parciais específicas são identificadas pelos símbolos anexando-se a letra P, a qual é a designação de pressão parcial. Por exemplo, a designação de pressão parcial do oxigênio será PO_2 . Além disso a particularização é alcançada com o uso de símbolos adicionais. As descrições de arterial, venoso e alveolar são usadas comumente e são referidas por símbolos a, v e A, respectivamente. Assim, a pressão parcial de CO_2 no sangue arterial é designada como $PaCO_2$ e no sangue venoso como $PvCO_2$.

5- DIFUSÃO DOS GASES

Os gases apresentam movimento líquido por difusão simples em resposta aos gradientes de pressão.

A difusão líquida ocorre a partir de áreas de alta pressão para áreas de baixa pressão.

A difusão ocorre porque o O_2 é consumido pelos tecidos, o que baixa a PO_2 , e o CO_2 produzido aumenta a PCO_2 .

À medida que o ar fresco entra nos pulmões surge um gradiente para prover o sangue de O_2 e remover o CO_2 acumulado.

A difusão ocorre através da MEMBRANA RESPIRATÓRIA composta de: epitélio alveolar, membrana basal do epitélio alveolar, espaço intersticial, membrana basal do endotélio capilar e endotélio capilar. Esta configuração provavelmente representa a distância mínima entre o gás e o sangue, e a separação pulmonar certamente pode se tornar maior dependendo da interposição das células e da quantidade de espaço intersticial.



Electromicrografia do pulmão de um camundongo apresentando atenuada porção do epitélio alveolar e sua proximidade ao endotélio capilar. A membrana respiratória (sem lamina de fluido alveolar) é composta das seguintes estruturas: A Epitélio alveolar B membrana basal do epitélio alveolar C Espaço intersticial D Membrana basal do endotélio capilar; e E Endotélio capilar. De Reece, W. O. In Dukes' Physiology of Domestic Animals. 10 ed. Editado por M.J. Swenson, Ithaca, NY, Cornell University Press, 1984.

Existe uma relação algébrica: $TD = DP \times A \times S$

$D \times PM$

TD = taxa de difusão do gás através da membrana respiratória

DP = diferença de pressão

A = área de superfície

D = distância de difusão

S = solubilidade do gás

PM = peso molecular

Considerações Clínicas:

- EDEMA INTERSTICIAL PULMONAR => É o acúmulo anormal de líquido no interstício aumentando a distância de difusão e diminuindo a taxa de difusão comprometendo a função respiratória.
- ENFISEMA PULMONAR => Ocorre destruição da parede alveolar diminuindo a área de superfície e assim a taxa de difusão. O enfisema quase sempre secundário a um outro processo patológico pulmonar.

OBS* Os animais em geral apresentam proporcionalidade entre o pulmão e o peso corporal (8% do peso corporal), mas os pequenos animais tem maior eficiência pulmonar, pois há um maior número de alvéolos menores, ou seja, maior área de difusão.

COMPOSIÇÃO DO AR ATMOSFÉRICO NO NÍVEL DO MAR

Pressão total => 760 mmHg, sendo:

21% de O ₂	PO ₂ = 159 mm
0,03 % de CO ₂	PCO ₂ = 0,23 mm
79% de N ₂	PN ₂ = 600 mm

PRESSÕES PARCIAIS E TOTAL (em mmHg) DOS GASES RESPIRATÓRIOS EM SERES HUMANOS NO NÍVEL DO MAR

GASES	Sangue Venoso	Ar Alveolar	Sangue Arterial	Tecidos
O ₂	40	104	100	30 ou -
CO ₂	45	40	40	50 ou +
N ₂	569	569	569	569
VAPOR D'ÁGUA	47	47	47	47
TOTAL	701	760	756	696

CONSIDERAÇÕES GERAIS

- A PO₂ do ar difere da PO₂ alveolar (PatmO₂ é maior que PaO₂), pois o O₂ é constantemente consumido pelos tecidos e assim o oxigênio constantemente atinge o alvéolo e penetra no sangue sendo então diluído. O CO₂ que entra constantemente no alvéolo também dilui o O₂ presente.
- A PaO₂ difere da PAO₂ (PaO₂ é menor que a PAO₂), pois parte do sangue conduzido aos pulmões não recebe oxigênio, ou seja, passa sem sofrer hematose. É o shunt fisiológico que pode ser definido como um mecanismo pelo qual o sangue que não tenha atravessado áreas ventiladas dos pulmões, é adicionado às artérias sistêmicas. No shunt fisiológico há uma quantidade de sangue que não sofre hematose.
- A PaN₂ = PAN₂ = PN₂, pois o nitrogênio não é produzido nem consumido.
- A PaCO₂ = PACO₂, pois ocorre alta difusão do CO₂
- A PH₂O é sempre igual, pois 100% dos gases permanecem umidificados.

A soma das pressões parciais nem sempre iguala à pressão do ar atmosférico. Isto justifica o vácuo das cavidades observados nos procedimentos cirúrgicos.

II - MECÂNICA DA RESPIRAÇÃO

1- CICLO RESPIRATÓRIO

- Corresponde a um movimento de Inspiração e outro de expiração.
- Durante a fase de inspiração, a energia produzida pelos músculos faz com que o ar entre nos pulmões.
- Durante a expiração, grande parte da energia que faz com que o ar deixe os pulmões é produzido pela força elástica armazenada no pulmão e no tórax distendidos.

Conseqüentemente, na maioria dos animais em repouso a inspiração é um processo ativo enquanto que a expiração é um processo passivo. Os eqüinos são uma exceção a essa regra geral e têm uma fase ativa para a expiração mesmo em repouso.

- Durante exercício ou na presença de enfermidade respiratória, a expiração é freqüentemente auxiliada por contração muscular em muitas espécies.
- O diafragma é o principal músculo inspiratório. Durante a contração, a cúpula do diafragma é tracionada caudalmente e dessa maneira aumenta a cavidade torácica. O centro tendíneo empurra o conteúdo abdominal, elevando a pressão intra-abdominal, o que desloca as costelas caudais para fora, portanto também tendendo a dilatar o tórax.
- Os músculos intercostais externos, que unem as costelas, também são ativos durante a inspiração. As fibras desses músculos dirigem-se caudoventralmente da borda caudal de uma costela à borda cranial da costela seguinte, de modo que a contração move as costelas rostralmente e para fora.
- Outros músculos inspiratórios incluem os que unem o esterno e a cabeça. Tais músculos contraem-se durante a respiração vigorosa e movem o esterno rostralmente.
- Os músculos abdominais e os intercostais internos são os músculos expiratórios. A contração dos músculos abdominais aumenta a pressão abdominal, forçando o diafragma relaxado para frente e reduzindo o tamanho do tórax.
- Durante exercício a atividade dos músculos respiratórios aumenta. Nos mamíferos corredores a meio galope e a galope, mas não a trote, a ventilação é sincronizada com o passo. A inspiração ocorre quando os membros anteriores estão distendidos e os posteriores estão acelerando o animal para frente. A expiração ocorre quando os membros anteriores estão em contato com o solo.

2 - CICLO RESPIRATÓRIO COMPLEMENTAR

- Corresponde ao ciclo respiratório caracterizado por uma Inspiração rápida seguida por uma expiração prolongada. Também chamado de suspiro e parece inexistir no cavalo. Esses ciclos provavelmente ocorrem como compensação para uma ventilação insuficiente, e recomenda-se que ele seja produzido artificialmente durante o procedimento de ventilação de uma anestesia geral ou profunda.
- Em exercício de laboratório em que a ventilação é alterada pela adição de volume de espaço morto, não apenas a freqüência respiratória e o volume de ar corrente são aumentados como também o número de ciclos respiratórios complementares.

3 - TIPOS DE RESPIRAÇÃO

COSTOABDOMINAL

- É o tipo de respiração normal dos animais.
- Embora o tipo de respiração seja costo-abdominal observa-se no cão e no Homem um predomínio costal e no Eqüino e no Bovino um predomínio abdominal.

ABDOMINAL

- Caracterizada por maior movimentação do abdome e ocorre por dores no tórax e arreio mal colocado

COSTAL OU TORÁCICA

- Caracterizada por pronunciada movimentação das costelas e ocorre por respiração dificultada e afecções abdominais dolorosas, gestação e gases.

*Obs => Esta classificação é controversa e não corresponde àquela informada no Swenson & Reece

4 - PRINCIPAIS TERMOS RELACIONADOS COM O ESTUDO DA RESPIRAÇÃO

Além dos diferentes tipos de respiração, há variações na respiração relacionadas à frequência dos ciclos respiratórios, profundidade da respiração, ou ambos.

- Eupnéia é o termo usado para descrever o murmúrio respiratório normal, com ausência de desvio na frequência ou profundidade.
- Dispnéia é a respiração difícil, em que um visível esforço é necessário para respirar.
- Hiperpnéia refere-se à respiração caracterizada pelo aumento na profundidade, frequência ou ambos e está relacionada ao exercício físico.
- Apnéia refere-se à cessação da respiração, entretanto, quando usado clinicamente, geralmente refere-se a um estado transitório de parada respiratória.
- Asfixia é uma condição de hipoxia combinada com hipercapnia (aumento de CO₂ no sangue)
- Cianose refere-se a uma coloração que vai de azulada a púrpura das membranas mucosas
- Oxigenação Hiperbárica refere-se ao fornecimento de oxigênio ao corpo sobre pressões parciais de oxigênio relativamente altas
- Atelectasia é o termo utilizado para e referir ao colapso dos alvéolos

5 - FREQUÊNCIA RESPIRATÓRIA

- É o número de ciclos respiratórios registrados em UM minuto e pode ser considerado um excelente indicador da saúde animal.
- Pode variar em função da espécie animal, do tamanho corporal, da idade, exercício físico, excitação, temperatura ambiente, gestação, estado de saúde e grau de enchimento do trato digestivo.
- Na gestação e excesso de ingestão de alimentos ocorre aumento na frequência respiratória pois o trajeto do diafragma está limitado durante a inspiração. Esta restrição na expansão pulmonar é seguida de aumento na frequência para garantir a ventilação adequada.
- Um boi deitado terá aumento de frequência, pois há compressão do diafragma pelo rúmen.
- Todos os animais domésticos aumentam a frequência respiratória quando há aumento de temperatura ambiental, ajudando, assim na termorregulação.
- Durante as enfermidades a frequência normalmente está aumentada e raramente diminuída.

FREQUÊNCIAS RESPIRATÓRIAS DE VÁRIAS ESPÉCIES EM DIFERENTES SITUAÇÕES

Animal	Condição	Variação	Média
Equino	Em estação	10-14	12
Vaca Leiteira	Em estação	26-35	29
	Em decúbito esternal	24-50	35
Bezerro de vaca leiteira (3 semanas de idade)	Em estação	18-22	20
	Deitado	21-25	22
Suíno (23 a 27 Kg)	Deitado	32-58	40
Cão	Dormindo (24°C)	18-25	21
	Em estação	20-34	24
Gato	Dormindo	16-25	22
	Deitado acordado	20-40	31
Carneiro	Em estação, ruminando (18°C)	20-34	25
	Iguais condições em (10°C)	16-22	19

Fórmula para calcular a Frequência Respiratória => $70 \times \text{Kg}^{0,25}$ sendo Kg = peso do animal

6 - PRESSÕES RESPIRATÓRIAS

O fluxo aéreo entra e sai dos pulmões em resposta às diferenças de pressão criadas pelo

aumento ou diminuição do volume torácico, respectivamente.

6.1 - PRESSÃO PULMONAR

É a pressão existente nos pulmões e vias aéreas.

- NA INSPIRAÇÃO - torna-se ligeiramente negativa (-3mmHg), pois a dilatação torácica é mais rápida que o afluxo de ar.
- NA EXPIRAÇÃO - torna-se ligeiramente positiva (+3mmHg), pois o tórax diminui de tamanho e comprime o ar dentro dos alvéolos.

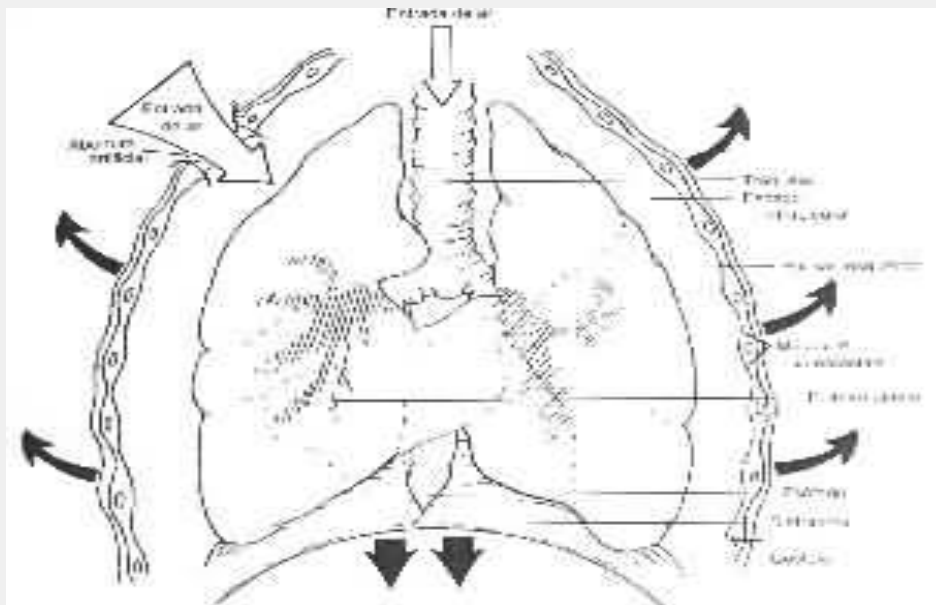
6.2 - PRESSÃO INTRAPLEURAL

É a Pressão existente no tórax e fora dos pulmões, ou seja, no espaço intrapleural e mediastino. Ela é sempre negativa, pois a cavidade é fechada e a pressão no interior do organismo é sempre menor que a atmosférica.

- NA INSPIRAÇÃO - O ar no espaço pleural é comprimido e atinge -10mmHg.
- NA EXPIRAÇÃO - A pressão do ar diminui e a pressão atinge -2mmHg.

6.3 - PNEUMOTÓRAX

É o acúmulo de ar na cavidade pleural, podendo ser de origem traumática ou espontânea. O ar pode penetrar nessa cavidade através de ferimentos penetrantes na parede torácica ou pela extensão de um enfizema pulmonar. Há um impedimento da expansão dos pulmões que leva a asfixia.



Pneumotórax (vista ventral). O volume de ar que entra pela abertura artificial excede aquele que passa pela traquéia quando o volume intrapleural é aumentado na inspiração. A redução da pressão intrapleural é desta forma insuficiente para permitir a inflação do pulmão. As setas negras apresentam as direções do aumento de volume torácico quando o diafragma e os músculos inspiratórios intercostais se contraem na inspiração. De Reece, Fisiologia dos animais domésticos.

6.4 - IMPORTÂNCIA DA PRESSÃO

No espaço mediastino encontra-se a cava e o ducto torácico. Durante a inspiração, quando a pressão intrapleural se torna mais negativa do que a pressão atmosférica, a transmissão da pressão reduzida para a veia cava e ducto torácico auxilia o fluxo de sangue e linfa para o coração. Como há válvulas nesses vasos, o sangue e a linfa não refluem quando a pressão se torna menos negativa do que a pressão

Durante a regurgitação dos ruminantes, a entrada do conteúdo ruminal no esôfago é auxiliada quando o animal inspira com a glote fechada, pois isto cria uma pressão intrapleural subatmosférica maior do que a normal, a qual é transmitida às estruturas mediastinais.

7- TENDÊNCIA AO COLAPSO DOS PULMÕES

É a tendência dos pulmões de se retraírem, afastando-se da parede torácica. Tal tendência ocorre devido a:

- Estiramento das fibras elásticas pela insuflação do pulmão que é uma força que contribui para a retração.
- Tensão superficial do revestimento líquido dos alvéolos que se deve a atração entre átomos e moléculas semelhantes.
- Lei de Laplace => Segundo esta lei a tensão na parede de uma bolha tende a contrai-la e a pressão interna tende a expandi-la. Quando não há movimento da bolha há um equilíbrio entre as forças de expansão e contração até que:

$$P = 2T/r, \text{ onde } P = \text{pressão}, T = \text{Tensão e } r = \text{raio}$$

Comparando-se a dinâmica dos alvéolos com a bolha, pode-se afirmar o seguinte: após a expiração o raio do alvéolo é pequeno, logo seria necessária uma maior pressão para começar a inspiração. Porém, a substância surfactante minimiza este efeito.

O surfactante pulmonar é um complexo lipoprotéico contendo cerca de 30% de proteína e 70% de lipídios, e é sintetizado pelas células epiteliais alveolares do tipo II. É uma substância pela qual as moléculas de água têm menos atração, logo há uma diminuição do número de moléculas de água na superfície dos alvéolos e conseqüentemente uma redução da tensão superficial. Além disso, as próprias moléculas de surfactante têm menor atração entre si.

Consideração Clínica:

Síndrome Uivante => A baixa produção de surfactantes gera uma síndrome de angústia respiratória caracterizada por dispnéia, cianose e um gemido expiratório. Ocorre em equinos e suínos jovens.

COMPLACÊNCIA PULMONAR => É a medida de distensibilidade dos pulmões e tórax. É determinada pela medição do volume pulmonar para cada unidade de alteração de pressão. Se este valor diminui em um período de tempo (menos expansão de volume para uma mesma pressão) deve-se a maior rigidez do tecido pulmonar e pode ser devido a fibrose, edema, etc., ou ainda alteração na quantidade e/ou composição dos surfactantes.

CONSUMO METABÓLICO DA RESPIRAÇÃO => É o gasto de energia necessário à respiração para superar as forças de tensão superficial e elástica, não elásticas (re-organização dos tecidos) e resistência das vias aéreas e garantir a expansão pulmonar. As doenças respiratórias aumentam o consumo de energia, havendo portanto menos energia disponível para os exercícios físicos.

RESISTÊNCIA AO FLUXO DE AR => É um dos fatores associados ao trabalho de respiração. A resistência é maior durante a expiração, pois durante a inspiração a expansão dos pulmões ajuda na maior abertura das vias aéreas.

8 - VOLUMES PULMONARES E CAPACIDADES PULMONARES

VOLUME RESIDUAL OU DE RESERVA

=> Volume de ar que permanece nos pulmões mesmo após expiração forçada. Ele é o ar que se mantém nos pulmões após ele ter sido removido do tórax durante o abate ou para o exame postmortem. É graças ao volume residual que os pulmões extraídos flutuam na água.

VOLUME DE RESERVA INSPIRATÓRIO

=> Volume de ar que pode ser inalado após a inspiração

VOLUME DE RESERVA EXPIRATÓRIO

=> Volume de ar que pode ser exalado após a expiração

VOLUME RESPIRATÓRIO OU CORRENTE

=> Volume de ar que entra e sai dos pulmões durante o ciclo respiratório.

CAPACIDADE PULMONAR TOTAL

=> É a soma de todos os volumes

CAPACIDADE VITAL

=> Soma de todos os volumes com exceção do volume residual. É a quantidade de ar que pode ser trocada entre os pulmões e o exterior através de uma inspiração forçada seguida de uma expiração forçada.

CAPACIDADE INSPIRATÓRIA

=> É a quantidade de ar que pode ser inspirada após a expiração.

CAPACIDADE RESIDUAL FUNCIONAL

=> é quantidade ar remanescente no pulmão após a expiração, corresponde ao volume residual mais o volume de reserva expiratório. Ou ainda, cerca de 40% da Capacidade Pulmonar Total.

CAPACIDADE PULMONAR TOTAL (100%)	CAPACIDADE VITAL (80%)	VOL. RES. INSPIR. VOL. RESPIRAT. ou CORRENTE	Capacid. Inspiratória	Capacid. Expiratória	Capacid. Residual Funcional
		VOL. RES. EXPIR.			
	VOLUME RESIDUAL (20%)				

Fórmula para cálculo do Volume Corrente => 7,69 x Kg1,04 . Na prática recomenda-se ventilação artificial com volume corrente de 10mL/Kg de peso para Pequenos animais e 8mL/Kg para Grandes animais.

ALGUMAS MEDIDAS DE VOLUME E CAPACIDADE EM LITROS

	V. Resid.	V.Respir.	V.R.I.	V.R.E.	C.P.Total	C.P Vital
Homem	1,25	0,5	2,0	2,0	5 a 6	3,7
Equino	10 a 12	4 a 6	10 a 12	10 a 12	40 a 42	30
Bovino	8 a 9	3,5	?	?	?	?
Cão	0,25 a 0,75	0,1 A 0,3	?	?	?	?

III - VENTILAÇÃO PULMONAR

A ventilação é geralmente considerada como um processo pelo qual o gás de um local fechado e renovado ou trocado.A principal função da respiração é o favorecimento da ventilação.

1 - VIAS DE CONDUÇÃO AÉREA

Fossas Nasais e Cavidade oral => Faringe => Laringe => Traquéia => Brônquios => Bronquíolos

O ar flui para os alvéolos através das narinas, da cavidade nasal, da faringe, da laringe, da traquéia, dos brônquios e dos bronquíolos.

Estas estruturas constituem as vias aéreas condutoras, e , como não ocorre troca gasosa nessas vias aéreas, elas também são denominadas espaço morto anatômico.

Todos os animais usam a boca e narinas com exceção do cavalo que usa somente as narinas.

2 - ESPAÇO MORTO RESPIRATÓRIO

É o espaço existente nas vias aéreas onde não há difusão de gases.
É a porção das vias aéreas sem epitélio respiratório.

FUNÇÕES

=> Conduzir o ar, Aquecer, Umectar, Depurar, Produzir som (Laringe) e captar substâncias odoríferas. O arquejo é predominantemente uma ventilação de espaço morto. Durante o arquejo a frequência respiratória aumenta e o volume corrente diminui, de forma que a ventilação alveolar mantém-se aproximadamente constante.

3 - ESPAÇO MORTO FISIOLÓGICO

É o espaço morto anatômico acrescido do espaço morto alveolar que não faz troca gasosa por colapamento dos espaços arteriais que só são utilizados para trocas durante exercícios mais intensos ou outra necessidade maior de ventilação pulmonar.

4 - TIPOS DE VENTILAÇÃO

- VENTILAÇÃO PULMONAR - É o processo de trocas gasosas nas vias aéreas e alvéolos com gases vindos do ambiente
- VENTILAÇÃO ALVEOLAR - É o volume de ar que entra e sai dos alvéolos num dado período de tempo
- VENTILAÇÃO DO ESPAÇO MORTO - É o volume de ar que entra e sai sem tomar parte nas trocas gasosas, num dado período de tempo.

VENTILAÇÃO TOTAL (VT) = VENTILAÇÃO ALVEOLAR (VA) + VENTILAÇÃO DO ESPAÇO MORTO (VD)

EX: Cão de 13 KG anestesiado com:

Frequência respiratória = 10

VT = 170 mL

VD = 85 mL

Qual a taxa de ventilação alveolar ????

A ventilação alveolar é determinada pela subtração da ventilação do espaço morto da ventilação total. A fórmula para o seu cálculo é:

$$VA = F (VT - VD) \Rightarrow VA = 10 (170 - 85) \Rightarrow VA = 850 \text{ mL/min}$$

Em outras palavras, 850mL nos alvéolos dos pulmões são substituídos pelo ar atmosférico a cada minuto.

No estresse pelo frio ocorre aumento da ventilação alveolar e diminuição da ventilação do espaço morto aumentando o volume corrente e diminuindo a frequência respiratória. O aumento da ventilação alveolar é necessário, pois sob efeito do frio ocorre aumento do consumo de O₂ e aumento da produção de CO₂ pela taxa metabólica mais alta necessária para manter a temperatura corporal

Na maioria dos animais em repouso a Inspiração é um processo ativo e a Expiração é um processo passivo com exceção do cavalo que apresenta uma fase ativa na expiração mesmo em repouso

5 - POLIPNEIA ou OFEGO

É a ventilação do espaço morto que permite a animais tais como cães, aves e suínos regularem a temperatura corporal.

Não há aumento da ventilação Pulmonar, há aumento da frequência respiratória de modo tal que a ventilação alveolar permanece constante

O centro respiratório do animal responde não somente aos estímulos usuais como também ao centro de temperatura corpórea. Quando essas informações são integradas, o organismo do animal responde às necessidades metabólicas pela regulação da ventilação do espaço morto e conseqüentemente dissipação do calor. A ventilação do espaço morto é aumentada pelo ato de ofegar, que fornece esfriamento corpóreo pela evaporação de água pelas membranas mucosas dos tecidos envolvidos.

A menor quantidade de resfriamento é conseguida pela inalação e exalação através das narinas pois o calor e água adicionados ao ar durante a inalação são parcialmente recuperados durante a exalação.

Quando há inalação pelas narinas e exalação através das narinas e boca, o ar que penetra pelo nariz e é exposto a uma grande área de superfície (conchas nasais) e recebe água através da mucosa nasal e glândulas nasais. Essa combinação carrega uma quantidade considerável de calor, que é então dissipado principalmente pela exalação da boca.

Pode haver ainda inalação tanto pela boca quanto pelas narinas o que permite um volume corrente maior, que pode ser necessário durante momentos de exercícios.

6 - RONRONAR

O ronronar é notado em alguns membros da família dos felinos e é mais audível e palpável em gatos domésticos.

O ronronar resulta de uma ativação alternante altamente regular do diafragma e dos músculos intrínsecos da laringe à frequência de 25 vezes durante a inspiração e expiração.

A contração dos músculos da laringe fecha as cordas vocais. Os músculos laringianos então relaxam quando o diafragma se contrai. A contração do diafragma favorece o fluxo de ar que vibra as cordas vocais e resulta em som de ronronar no momento em que elas estão se abrindo. O diafragma então relaxa e os músculos laringianos contraem-se; isso é novamente seguido pelo seu relaxamento e contração do diafragma. O processo inteiro é repetido 25 vezes até a respiração ser completada. O acúmulo de pequenos sons produzidos em cada abertura das cordas vocais produz o som do ronronar.

A razão do ronronar não é conhecida. Eles o fazem quando estão contentes, doentes e adormecidos.

O ronronar talvez forneça uma ventilação mais efetiva durante períodos de respiração superficial devido ao fornecimento de inspirações e expirações intermitentes, tendo, portanto, função de respiração complementar.

7 - DEPURAÇÃO RESPIRATÓRIA

Quando um animal se encontra no pasto em um ambiente rural, o ar contém poucas partículas potencialmente nocivas e menos ainda no que diz respeito a gases poluentes. Entretanto, se o animal é confinado intensivamente ou está sendo transportado, o ar pode ser rico em partículas tais como poeiras, esporos, polens, bactérias e vírus bem como gases poluentes como amônia, fumaça de escapamento de motores, óxidos de nitrogênio e ozônio.

A inalação dessas substâncias é muito prejudicial à saúde do animal, de modo que medidas de prevenção a essa inalação tiveram de ser desenvolvidas. A remoção de partículas e microorganismos do trato respiratório é chamada de depuração respiratória.

FORÇAS FÍSICAS QUE ATUAM

As forças físicas que afetam a deposição são a gravidade, a inércia e os movimentos brownianos.

A deposição gravitacional (sedimentação) causa o assentamento de partículas simplesmente devido à força da gravidade e à massa das partículas. Partículas de maior

massa assentam mais rapidamente que aquelas com menor massa. Isto favorece a deposição na cavidade nasal e na árvore traqueobrônquica das partículas de maior massa.

Forças inerciais causam deposição na cavidade nasal, faringe e árvore traqueobrônquica. O movimento progressivo das moléculas tende a fazer com estas colidam com as paredes da cavidade nasal. A impactação inercial ocorre nas curvas das vias aéreas grandes, por que as partículas conduzidas em alta velocidade tem tanta cinética que não conseguem controlar as mudanças de direção. Os locais de impactação inercial são providos de tecido linfóide, tais como as amídalas e o tecido linfóide associado aos brônquios.

Os movimentos brownianos atuam na deposição de partículas menores que um micrômetro, que apresentam um movimento aleatório que é fornecido pelo bombardeamento das moléculas de ar. A deposição por movimentos brownianos é mais significativa em vias aéreas extremamente pequenas, onde a área de superfície é relativamente maior que o diâmetro.

TAMANHO DAS PARTÍCULAS

- As partículas maiores depositam-se no trato respiratório superior e as menores penetram mais profundamente nos pulmões.
- Partículas Maiores que 10 μ e Menores que 0,3 μ fazem deposição nasal
- Partículas de 0,3 μ a 1,0 μ ----- penetram nos espaços aéreos pulmonares

MECANISMOS DE DEPURAÇÃO

No trato respiratório Superior:

A limpeza do trato respiratório superior refere-se à remoção das partículas que tenham sido depositadas em pontos próximos aos ductos alveolares, e é dependente do movimento da camada de muco. O movimento é proporcionado pela atividade ciliar da camada de epitélio colunar na membrana mucosa traqueobrônquica. Quando a camada mucosa e seu conteúdo atingem a faringe, são então deglutidos. Desta maneira, os materiais inalados aparecem nas fezes.

Nos Alvéolos:

As partículas podem escapar das forças inerciais e gravitacionais e depositarem-se nos alvéolos. Essas partículas são normalmente menores que 1 micrômetro de diâmetro. Os mecanismos de depuração alveolar dessas partículas são descritos a seguir:

1. Após sua deposição nos alvéolos, elas podem ser fagocitadas pelos macrófagos ou podem continuar como partículas livres. Os macrófagos carregados de "lixo" e as partículas livres podem se direcionadas para a coluna mucosa através do fluido de líquido alveolar.
2. As partículas podem penetrar o espaço intersticial dos alvéolos e serem transportadas aos linfonodos relacionados aos pulmões.
3. As partículas podem ser dissolvidas e transferidas em solução, quer para os linfonodos, quer para o sangue.
4. Algumas partículas podem não ser fagocitadas ou ser insolúveis. Em vez disto, elas podem estimular uma reação local de tecido conjuntivo e ser seqüestradas(isoladas) do interior dos pulmões. Isto pode originar uma pneumoconiose que é um endurecimento dos pulmões resultante da inalação de qualquer poeira ou partícula. Bons exemplos disso são a asbestose e silicose(aspiração de asbesto e sílica, respectivamente). Além disso, cães e gatos que vivem em cidades industrializadas podem apresentar sinais de antracose causada pela inalação de pó de carvão.

Segundo Ruckebusch (1991) a deposição das partículas ocorrem em 3 padrões: Impacto, Sedimentação e difusão.

	IMPACTO	SEDIMENTAÇÃO	DIFUSÃO
Tamanho da Partícula	Grande > 5 μ	Média (1 a 5 μ)	Pequenas (<0,1 μ)

Principal Local	Nasofaringe	Vias aéreas inferiores (bronquíolos terminais e respiratórios)	Alvéolo (ação de macrófagos, principalmente neutrófilos) * bovinos tem pouca atividade macrofágica
-----------------	-------------	--	--

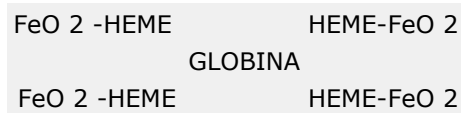
IV - TRANSPORTE DOS GASES

1 - A HEMOGLOBINA

A hemoglobina é o pigmento vermelho do sangue. Cada molécula de Hemoglobina pode ligar-se de forma reversível a 4 moléculas de O₂, uma com cada Heme. Quando saturada pelo oxigênio, é vermelho-brilhante ; quando perde o oxigênio, torna-se vermelho-púrpura. Essa mudança de cor é conhecida como cianose e pode ser observada nas mucosas de animais quando o sangue nos capilares subjacentes está hipóxico.

A cianose pode resultar de captação deficiente de oxigênio nos pulmões, mas também de fluxo sanguíneo reduzido para os tecidos periféricos.

A hemoglobina dos mamíferos é constituída por quatro unidades, cada uma contendo um heme e sua proteína associada. O heme é uma protoporfirina que consiste em quatro pirróis com um ferro ferroso no centro. O ferro ferroso combina-se de modo reversível com o oxigênio proporcionalmente à Po₂.



A anemia, uma redução no número de eritrócitos circulantes com redução consequente da quantidade de hemoglobina no sangue, diminui a capacidade de oxigenação. Quando o teor de hemoglobina no sangue aumenta, a capacidade de oxigenação também aumenta, o que ocorre durante o exercício; a contração do baço joga mais eritrócitos na circulação e aumenta a capacidade de oxigenação do sangue. A contração esplênica é uma fonte rica de eritrócitos para o cavalo durante o exercício.

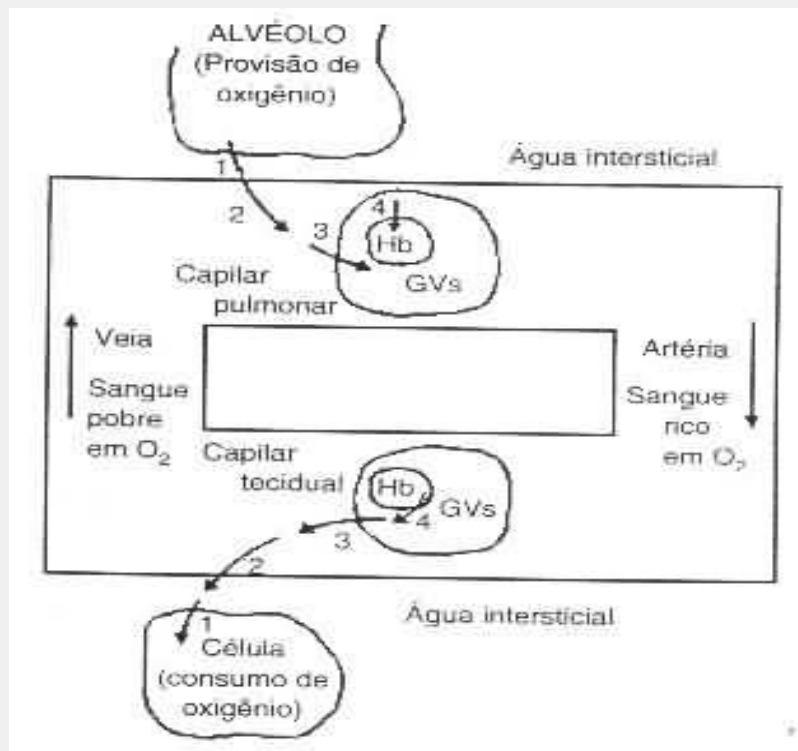
Além de transportar oxigênio, a hemoglobina exerce, portanto, um poderoso efeito tampão, impedindo que os íons H possam alterar o pH do sangue.

2 -TRANSPORTE DO O₂

Quando o sangue nos capilares pulmonares flui passando pelos alvéolos, o oxigênio difunde-se do alvéolo para o sangue até que as pressões parciais se equilibrem, isto é, não haja mais diferença adicional de pressão que o impulse. Como o oxigênio é pouco hidrossolúvel, apenas pequena quantidade se dissolve e é transportada em solução pelo plasma. A maior parte do oxigênio se combina à hemoglobina. Sem esse pigmento, que transporta a maioria do oxigênio, o débito cardíaco teria de ser extraordinariamente alto para manter o suprimento de oxigênio dos órgãos do corpo.

A quantidade de oxigênio combinado com a hemoglobina, é determinada pela PO₂ que por sua vez, é determinada pelo consumo celular de oxigênio e pela ventilação alveolar. Assim, nas condições de alta PO₂ dos pulmões, a hemoglobina fica 98% saturada com oxigênio ; nos tecidos extrapulmonares, onde a PO₂ é baixa, ela libera grande parte do oxigênio. Por exemplo, a PO₂ nos capilares que irrigam um músculo em atividade é cerca de 20 mmHg e a hemoglobina permanece 33% saturada, liberando 65% do oxigênio associado.

O esquema de transporte para o oxigênio esta ilustrado na figura a seguir:



Durante a oxigenação o oxigênio difunde-se dos alvéolos para a água intersticial 1, seguido por difusão, para a água do plasma 2, para a água dos eritrócitos 3, e para a hemoglobina 4. Para a hemoglobina ser desoxigenada, o oxigênio em solução na água intersticial deve difundir-se, em primeiro lugar, para a água celular 1, seguido pela difusão da água plasmática 2, da água dos eritrócitos 3 e finalmente da hemoglobina 4 .De Reece, W.O.In *Dukes' Physiology of Domestic Animals*.10 ed.Editado por M.J.Swenson,Ithaca,NY,Cornell University Press, 1984

O MONÓXIDO DE CARBONO TEM 200 VEZES A AFINIDADE DO OXIGÊNIO PELA HEMOGLOBINA

O monóxido de carbono e o oxigênio ligam-se aos mesmos locais na hemoglobina, mas o CO o faz com maior avidez. Em decorrência da alta afinidade do monóxido pela hemoglobina, a exposição a níveis de monóxido de carbono inferiores a 1% no ar pode acabar saturando a hemoglobina e desalojando o oxigênio, o que causa a morte.

METEMOGLOBINEMIA

Quando o ferro ferroso normal da hemoglobina é oxidado por nitritos ou outras toxinas e se transforma em ferro férrico, forma-se metemoglobina acastanhada. A metemoglobina não se liga ao oxigênio; assim, a capacidade de oxigenação do sangue fica reduzida. O nitrito pode ser ingerido diretamente em alimentos deteriorados, porém é mais comum os ruminantes formarem nitrito no rúmen após a ingestão de alimentos ricos em nitrato, como o sorgo ou forrageiras altas.

3 - TRANSPORTE DO CO₂

O dióxido de carbono é produzido no tecido; portanto, a PCO₂ tecidual é mais alta que a PCO₂ do sangue que chega aos capilares. O dióxido de carbono difunde-se em favor de um gradiente de concentração dos tecidos para o sangue. O coeficiente de difusão para o dióxido de carbono é cerca de 20 vezes maior do que para o oxigênio.

O dióxido de carbono pode ser transportado de várias formas:

NO PLASMA

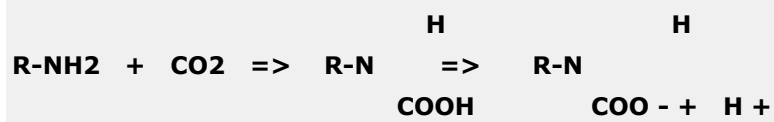
- **DISSOLVIDO**

A quantidade de dióxido de carbono dissolvido(em solução) está de acordo com a PCO₂ e coeficiente de solubilidade. O dióxido de carbono é 24 vezes mais solúvel na água do que o oxigênio. Portanto haverá maiores volumes de dióxido de carbono do que de oxigênio dissolvidos em água a uma determinada pressão parcial.

Como a quantidade de dióxido de carbono dissolvido na água não é adequada para transportar a quantidade produzida, existem diversas reações para suprir o restante.

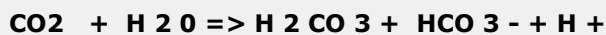
- **FORMAÇÃO DE COMPOSTOS CARBAMÍNICOS**

Esta reação ocorre devido ao acoplamento do dióxido de carbono com os grupos -NH de proteínas plasmáticas. Embora os compostos carbamino representem apenas 15-20% do teor total de dióxido de carbono do sangue, eles são responsáveis por 20-30% da troca de dióxido de carbono que ocorre entre os tecidos e os pulmões.



- **REAÇÃO DE HIDRATAÇÃO**

Cerca de 80% do transporte de dióxido de carbono ocorre na forma de bicarbonato(HCO₃⁻). Sua reação resulta da reação de hidratação:



O dióxido de carbono combina-se com a água e forma ácido carbônico, que então se dissocia em bicarbonato e íon hidrogênio.

O equilíbrio da reação de hidratação no plasma está mais desviado para a esquerda. De fato, a concentração de dióxido de carbono no plasma é cerca de 1000 vezes maior do que a concentração do ácido carbônico. Em síntese; as reações que ocorrem no plasma com dióxido de carbono não são significativas quando se considera o conjunto do transporte de dióxido de carbono.

NA HEMÁCIA

O dióxido de carbono difunde-se prontamente para os eritrócitos e as reações de hidratação e com grupo amino são mais significativas do que no plasma.

A reação de hidratação é favorecida no interior das hemáceas devido á presença da enzima anidrase carbônica que procede com facilidade na formação de H⁺ e HCO₃⁻. Ela deve ser uma reação auto-limitada caso os produtos da reação não sejam removidos. A reação reversível é mantida virando-se para a direita, porque o H⁺ é tamponado pela hemoglobina. A maior parte do HCO₃⁻ produzido no eritrócito difunde-se ao longo de um gradiente de concentração no plasma(assim a maior parte do transporte de CO₂ estará sendo feito pelo plasma).

Nem todos os íons hidrogênios são tamponados, logo, o sangue venoso tem pH menor que o sangue arterial. Da mesma forma, devido à difusão do HCO₃⁻ dos eritrócitos para o plasma, o sangue venoso passa a ter concentração de HCO₃⁻ mais alta que o sangue arterial. O componente mais abundante viável para o tamponamento do H⁺, formado durante a reação de hidratação, é a hemoglobina. Quando a hemoglobina está em déficit, como na anemia, o tamponamento do H⁺ de todas as fontes estará comprometido e resulta em acidemia durante os períodos de aumento na produção de H⁺, como no exercício.

Há maior número de grupos amino na hemoglobina do que nas proteínas plasmáticas, de modo que a formação de compostos carbamínicos nas hemáceas é maior do que no plasma.

Essas reações químicas dentro dos eritrócitos causam aumento na pressão osmótica efetiva do fluido eritrocitário, promovendo difusão de água para o interior do eritrócito.

Quando o sangue venoso atinge os pulmões, o dióxido de carbono difunde-se para os alvéolos a partir do plasma e dos eritrócitos, causando assim o movimento das reações mostradas na figura abaixo para a esquerda. Simultaneamente, a oxigenação da hemoglobina libera íons hidrogênio, que se combinam com bicarbonato para formar ácido carbônico e, assim, dióxido de carbono.

As formas de transporte de dióxido de carbono no sangue. Todas as reações representadas nesse diagrama podem ser revertidas quando o sangue alcança o pulmão e o dióxido de carbono se difunde para o alvéolo. De Cunningham, J. C., Tratado de Fisiologia veterinária, 2ªed. 1999

Acidose Respiratória

A acidose respiratória é causada por hipoventilação alveolar, que pode ser decorrente de lesão ou depressão dos centros de controle respiratório, lesão na bomba respiratória (costelas faturadas ou timpanismo abdominal) ou enfermidade respiratória grave que obstrui as vias aéreas ou enrijece excessivamente os pulmões. A hipoventilação alveolar significa que o dióxido de carbono produzido pelos tecidos é eliminado de maneira incompleta pelos pulmões de tal modo que a P_{CO_2} do sangue aumenta, haverá então aumento de íons H^+ e o pH diminui.

Alcalose Respiratória

A alcalose respiratória é causada por hiperventilação alveolar, que se deve à estimulação dos quimiorreceptores por hipoxia ou à estimulação de receptores intrapulmonares por lesão ou inflamação pulmonar. O uso muito intenso de ventilação pulmonar pode causar hiperventilação em um animal anestesiado. O dióxido de carbono é eliminado mais rapidamente do que é produzido pelos tecidos, e portanto a PCO_2 diminui.

V - CONTROLE RESPIRATÓRIO

1 - INTRODUÇÃO

Em suas atividades diárias, um animal varia seu nível de atividade e respira ar de pureza variável.

Para que o sistema respiratório responda a esses desafios diferentes, mantendo as concentrações de H^+ , CO_2 e O_2 em níveis relativamente constantes, mecanismos de controle monitoram a composição química do sangue, o esforço exercido pelos músculos respiratórios sobre os pulmões e a presença de materiais estranhos no trato respiratório.

Três elementos básicos constituem o sistema de controle Respiratório:

- 1º - OS SENSORES - coletam as informações de PCO_2 e PO_2
- 2º - O CONTROLE CENTRAL - coordena as informações e atua sobre os efetores
- 3º - OS EFETORES - executam ações que visam controlar o desequilíbrio das pressões

OS SENSORES

Impulsos que se dirigem para o centro respiratório (impulsos aferentes) de várias fontes receptoras têm sido identificadas.

Esses receptores localizados no pulmão e periféricamente modificam o ritmo básico da respiração.

RECEPTORES PULMONARES

DE DISTENSÃO

Estão localizados no interior da musculatura lisa das vias aéreas. Eles são estimulados por deformação da parede das vias respiratórias maiores, por exemplo, quando as vias respiratórias intratorácicas são estiradas durante a insuflação pulmonar. As frequências de disparo desses receptores aumentam progressivamente à medida que ocorre insuflação pulmonar, o que indica que esses receptores são os responsáveis pela inibição da respiração causada pela insuflação pulmonar (Reflexo de Hering-Breuer), estimulando portanto a expiração.

Os impulsos gerados pelos receptores são transmitidos por fibras do nervo vago para o centro respiratório. Esses receptores podem ser responsáveis, em parte, pelo ajustamento na taxa e na profundidade da respiração para minimizar o trabalho dos músculos respiratórios.

IRRITANTES

Localizados entre as células epiteliais das vias aéreas. Esses receptores são sensíveis aos gases nocivos, poeira, liberação de histamina e ar frio, e sua estimulação provoca tosse, broncoconstrição, secreção de muco e respiração superficial rápida, ou seja, respostas protetoras para eliminar material estranho do trato respiratório.

DO TIPO "J" ou JUSTA-CAPILAR

Localizado na parede do alvéolo muito próximo aos capilares onde podem monitorar a composição do sangue ou a magnitude da distensão do interstício. Eles também são responsáveis pela hiperpnéia que se segue à lesão pulmonar causada por doenças alérgicas, infecciosas ou vasculares.

QUIMIORRECEPTORES

São receptores sensíveis a variação da composição química do sangue ou líquido ao seu redor. Eles monitoram o oxigênio, o dióxido de carbono e a concentração de íons hidrogênio em vários locais do corpo. Pequenas alterações na tensão arterial de dióxido de carbono e na concentração de íons hidrogênio provocam grandes alterações na ventilação.

Os quimiorreceptores pode ser:

CENTRAIS - Localizados no Bulbo e sensíveis ao aumento de H^+ . O aumento da PCO_2 do sangue causa rápido aumento na região do quimiorreceptor central. Há formação de ácido carbônico, que se dissocia em H^+ e HCO_3^- , e, como o tamponamento do líquido intersticial é insuficiente, o pH em torno do quimiorreceptor diminui o pH do líquido intersticial e aumenta a ventilação.

PERIFÉRICOS - Localizados nos CORPOS CAROTÍDEOS e CORPOS AORTICOS e sensíveis a baixa da PO_2 , principalmente, e também ao aumento da PCO_2 e à baixa do pH.

Os corpos carotídeos contém vários tipos celulares. As células glomosas fazem sinapse com nervos aferentes que transmitem a informação de volta para o encéfalo. Essas células são responsáveis pela quimiossensibilidade dos corpos carotídeos. Alternativamente, elas podem modificar a quimiossensibilidade das terminações nervosas aferentes. As células sustentaculares sustentam os axônios e os vasos sanguíneos que se ramificam dentro do corpo carotídeo.

Quando os corpos carotídeos são perfundidos com sangue contendo baixa tensão de oxigênio, alta tensão de dióxido de carbono ou pH baixo as taxas de disparo nos aferentes nervosos do seio carotídeo aumentam.

À medida que a PCO_2 aumenta e o pH diminui há um aumento quase linear na ventilação. A resposta à PO_2 não é linear. Ocorrem aumentos modestos na taxa de disparo e na ventilação conforme a PO_2 cai de níveis não fisiológicos de 500mmHg para 70mmHg.

Quedas adicionais causam aumento mais rápido na ventilação, em particular PO₂ de 60mmHg, isto é, em que a hemoglobina começa a dessaturar.

A ventilação não aumenta em resposta à anemia modesta ou intoxicação com monóxido de carbono, condições que diminuem o teor de oxigênio do sangue mas não a PaO₂. Por esta razão, acredita-se que a Po₂ seja mais importante que o teor de oxigênio como estímulo para os corpos carotídeos.

OUTROS RECEPTORES

No nariz e vias aéreas superiores (nariz, nasofaringe, laringe e traquéia): A estimulação das membranas nessas regiões causa reflexos de inibição da respiração. Um notável exemplo desse reflexo é a inibição que ocorre durante a deglutição, bem como, em aves e mamíferos mergulhadores, há um reflexo de inibição da respiração quando estes submergem. A estimulação da membrana mucosa da laringe em animais não anestesiados causa não somente inibição da respiração, mas normalmente poderoso esforço respiratório (tosse). Da mesma forma, podem ser observados espirros após a estimulação da membrana mucosa nasal por vários mecanismos. A função de todos esses reflexos é a proteção das delicadas passagens respiratórias e os alvéolos dos pulmões de substâncias nocivas.

Nas articulações e Músculos

Na pele: O estímulo de receptores cutâneos é excitatório para o centro respiratório, e pode ser notado uma inspiração mais profunda que a usual. Tira-se vantagem desses receptores quando o estímulo da respiração é desejado em animais recém-nascidos. Esfregando a pele com um tecido áspero iniciamos freqüentemente os ciclos respiratórios.

Baroreceptores Arteriais - localizados nos seios carotídeos e aórticos.
aumento da pressão arterial => hipoventilação e dispnéia
baixa da pressão arterial => hiperventilação

O CONTROLE CENTRAL

O padrão rítmico de respiração e os ajustes desse particular são integrados dentro de partes do tronco cerebral conhecidas como centro respiratório. Diferentemente de muitos centros, ele não é uma coleção de núcleos circunscritos, mas, ao contrário, consiste em regiões dentro da medula e ponte associadas com funções específicas da respiração. O centro respiratório possui três regiões específicas:

Centro Pneumotáxico

Localizado na porção superior da Ponte, é considerado o modulador da sensibilidade do centro respiratório para as informações que ativam o término da inspiração e facilitam a expiração. Atua excitando a área expiratória

Centro Apnéustico

Atua "desligando" a inspiração pois inibe a área inspiratória. Acredita-se que ele esteja associado a inspirações profundas, tais como o suspiro.

Centro Respiratório Bulbar

Localizado na formação reticular do bulbo apresenta Área Inspiratória (grupo respiratório dorsal) e Área Expiratória (grupo respiratório ventral).

O grupo respiratório dorsal está localizado na parte ventral do núcleo do trato solitário, e os seus neurônios disparam principalmente durante a inspiração. Estão envolvidos na inflação induzida dos pulmões no término da respiração. O grupo respiratório ventral situa-se no núcleo ambíguo e no retroambíguo, e os seus neurônios disparam durante a inspiração e a expiração.

Ilustração a ser incluída: Superfície ventral do tronco cerebral, incluindo a ponte, o bulbo e a medula espinhal, mostrando os centros envolvidos na regulação da respiração. Cunningham, J. C., Tratado de fisiologia veterinária, 2ª edição 1999

NO CORTEX CEREBRAL => Existem centros que capacitam a "voluntariedade limitada da respiração.

EM OUTRAS PARTES DO S.N.C . => Existem no Sistema Límbico e Hipotálamo centros capazes de influir no ritmo respiratório nas emoções de medo e raiva.

CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS EFETORES

São os músculos respiratórios => Diafragma, Intercostais e Abdominais, além dos músculos acessórios como o Esternocleidomastoideo

Consideração Clínica

* SÍNDROME DA MORTE INFANTIL SÚBITA - Acredita-se que ocorra por descoordenação dos músculos torácicos e abdominais. Enquanto um trabalha inspirando o outro trabalha expirando.

Bibliografia consultada

MORAES, I. A. - Respiração das aves. Apostila do curso de Fisiologia Veterinária do Departamento de Fisiologia e Farmacologia da Universidade Federal Fluminense Niterói-RJ. 2001. 6p.

Swenson M.J. & Reece W.O.- Dukes- Fisiologia dos Animais Domésticos. - 1la ed. Editora Guanabara Koogan S.A., Rio de Janeiro-RJ,1996

Cunningham, J. C. - Tratado de fisiologia dos animais domesticos 2ªed Editora guanabara Koogan S.ª Rio de Janeiro ,1999