

UMIDIFICAÇÃO E NEBULIZAÇÃO (*)

DR. DAVID ALLAN (**)

Conceituam-se os princípios básicos físicos e fisiológicos necessários para uma perfeita compreensão e diferenciação do que é umidificação e nebulização. Inicialmente define-se umidade absoluta, relativa e sua correlação com as leis físicas.

Na segunda parte estudam-se os princípios físicos que governam a nebulização, importância do tamanho das partículas suspensas na atmosfera, tipos de nebulizadores e vantagens de sua utilização em associação com a terapêutica prolongada de ventiladores, em Terapia Intensiva ou ainda como principal suporte de um novo emprego com nebulização ultrasônica em crianças.

A utilização efetiva de umidificação ou de nebulização na prática clínica requer compreensão e aplicação dos princípios básicos físicos, fisiológicos e patológicos envolvidos. A umidificação não deve ser confundida com a nebulização.

Umidade é a água sob forma molecular na atmosfera. Umidade absoluta é a quantidade máxima de água molecular que um volume unitário de gás pode conter (expresso em g/m³). Umidade relativa, é a quantidade máxima de água molecular realmente presente em um volume unitário de gás comparado com a quantidade máxima que este volume do gás poderia conter (expresso em porcentagem). A umidade relativa varia com a temperatura absoluta de acordo com a lei de Charles, que diz, que o volume de um gás varia diretamente com a temperatura absoluta, se a pressão se mantém constante. Por exemplo, se a umidade relativa do gás for 100% a 21°C, decresceria a 65% à 37°C, pois a referência é a unidade de volume. Em temperatura ambiente

(*) Apresentado no Simpósio sobre «Umidificação em Anestesia e Ventilação Artificial Prolongada», II Congresso Luso-Brasileiro de Anestesiologia, setembro de 1968, Lisboa, Portugal.

(**) Chefe da Divisão de Anestesiologia do Children's Memorial Hospital, Chicago, Ill. e Professor Associado do Departamento de Anestesia da Northwestern University, Evanston, Illinois, E.U.A.

AP 2549

de 21°C, aproximadamente 0.02 g adicionais de água, por litro de ar inspirado, é necessário para a saturação.

Em circunstâncias normais, este processo é feito pelo mecanismo de umidificação da árvore traqueo-brônquica que é uma parte integrante do sistema de condicionamento do ar e é, por sua vez, um aliado do sistema de limpeza das vias aéreas.

O sistema de condicionamento do ar consiste em elementos de aquecimento, filtração e umidificação. Setenta e cinco por cento da umidificação ocorre no naso-faringe, somente vinte e cinco por cento se dá abaixo da faringe. Qualquer aparelho de umidificação necessita de um reservatório adequado de água. Assim pois, para o mecanismo de umidificação da árvore brônquica funcionar apropriadamente, o corpo como um todo, precisa estar em bom estado de hidratação.

A atividade de limpeza das vias aéreas, consistindo da atividade ciliar, constrição dos brônquios e da tosse, é dependente da umidificação adequada, por exemplo, a atividade ciliar cessa abaixo de uma umidade relativa de 70%.

Um déficit de umidificação pode ocorrer nas vias aéreas superiores, por exemplo, faringe, laringe e traquéia, quando há produção insuficiente de umidade ou uma demanda aumentada. A primeira ocorre na desidratação geral de um paciente ou em interferência na atividade normal da mucosa do nasofaringe por processos alérgicos ou infecciosos. A última, ocorre quando há um componente hipersecretor de alguma doença nesta região, por exemplo, difteria ou traqueíte. O ar inspirado é sempre totalmente saturado abaixo da carina. Por conseguinte, a umidificação artificial deveria somente ser usada para sobrepujar os déficits de umidade das vias aéreas superiores, faringe, laringe e traquéia.

Nebulização é *matéria tornada partículas suspensas na atmosfera* e é produzida por um nebulizador. O objetivo da nebulização terapêutica é prover partículas de água, ou de água contendo medicamentos, para deposição em vários níveis do tracto respiratório, dependendo do local do processo patológico. O local de deposição é especialmente determinado, por sua vez, pela arquitetura e princípios físicos do nebulizador usado, pela composição e pela pressão de vapor da solução nebulizada, e pela temperatura e umidade do ar usado para produzir a nebulização ou para carrear névoa ao paciente.

Os princípios físicos que governam a deposição do material nebulizado no pulmão tem sido estudado intensamente. Partículas de 60 a 10 micra de diâmetro são depositadas principalmente por efeito de inércia. Tendo estas partículas uma

grande massa, desenvolvem forças de inércia consideráveis na alta velocidade do fluxo aéreo do tracto respiratório superior, levando as partículas a não conseguirem atravessar as curvas das vias aéreas superiores, a colidirem com a superfície da mucosa e depositaram-se. De fato, poucas partículas acima de 10 micra de diâmetro penetram além da laringe. Partículas de 10 a 1 micra são também depositadas por efeito da inércia mas, o tamanho e massa das partículas diminui e a sedimentação ou precipitação torna-se o mecanismo de deposição. Estas partículas menores são carregadas ao longo da corrente aérea até que diminuam de velocidade devido à sucessiva ramificação da árvore brônquica. A gravidade, agindo sobre as partículas, então, leva-as a depositarem-se na superfície mucosa. Naturalmente, quanto maior for a partícula nesta escala, mais alto ela se depositará na árvore brônquica. Partículas de 3 a 1 micra de diâmetro alcançam os brônquiolos menores. O movimento Browniano é relativamente sem importância, mas é o mecanismo primário para a deposição de partículas abaixo de 1 micra de diâmetro. Isto ocorre primariamente nos bronquíolos respiratórios onde o fluxo aéreo é lento.

Nos nebulizadores mecânicos, a arquitetura do seu desenho dita o tamanho das partículas formadas. A extensão do tamanho das partículas produzidas por um nebulizador mecânico é grande, por isso, a névoa é naturalmente instável. Os tamanhos das partículas produzidas por um nebulizador ultra-sônico são mais homogêneos e são inversamente proporcionais à frequência, tal como o encontrado no nebulizador HNE produz partículas muito pequenas, que têm uma área de superfície relativamente grande e que evaporam prontamente. Este nebulizador é exceção à regra, porque ele age primariamente como um umidificador.

A estabilidade do tamanho da partícula é também importante, pois a medida que o ar carreando as partículas, é inalado, ele é aquecido a 37°C, e é totalmente saturado com vapor de água. Esta umidificação resulta da evaporação de água da membrana mucosa das vias aéreas superiores e das partículas de névoa, se é nebulizada água pura. A evaporação é proporcional à superfície. A área da superfície de muitas partículas menores é grande, comparada à área da superfície do tracto respiratório superior; por conseguinte, as partículas nebulizadas vão evaporar-se e umidificar o ar do tracto superior, em vez de sobreviver para depositarem-se no tracto inferior. A mais densa névca obtida com nebulizadores tipo jato, produzindo partículas de tamanho de 10 a 1 micra em equilíbrio, em uma tenda de nebulização,

contém só levemente mais partículas de água do que a requerida para umidificar totalmente o ar levado da temperatura de 22°C a 37°C, mesmo quando o ar é totalmente saturado a 22°C. A *evaporização* das partículas nebulizadas pode ser evitada reduzindo a tensão de vapor d'água com propilenoglicol. Uma concentração de 10% de propilenoglicol é escolhida desde que esta concentração fornece uma solução que, para finalidades práticas, está em equilíbrio com uma atmosfera que é 99% saturada com água a 37°C.

Outros fatores também afetam a deposição de partículas e o tamanho do tracto respiratório é importante. Em geral, quanto menor fôr a árvore traqueo-brônquica maior é a deposição de qualquer tamanho de partícula, e menores as partículas necessárias para chegar aos bronquíolos. A velocidade respiratória e a profundidade da respiração também influenciam a deposição. Usualmente, quanto menor fôr a velocidade e mais profunda a respiração, maior é a deposição.

Finalmente, a quantidade das partículas nebulizadas ou a densidade da névoa, também determinam a efetividade da tenda de nebulização. Se uma quantidade de água não é inalada e é depositada, a terapia não é efetiva. Para finalidades práticas, uma nebulização tão densa que é difícil de ver o paciente na tenda, é essencial para umidecer e tornar menos espessas as secreções.

O objetivo primário da nebulização é adicionar água às secreções traqueo-brônquicas no local de sua produção ou de seu acúmulo na árvore brônquica. Isto deverá tornar menos espessas as secreções e capacitar o mecanismo mucociliar normal a removê-las mais facilmente. A drenagem normal de secreções, como resultado das forças gravitacionais e do fluxo de ar e removidas pela tosse, deveria também ser facilitada. Onde a doença debilita o mecanismo normal de higiene pulmonar, o tornar menos espessas as secreções poderia também aumentar o valor terapêutico da drenagem postural e a fisioterapia.

A área de superfície da árvore traqueo-brônquica é extensa. Grande quantidade de água é necessária para umidecer as secreções cobrindo uma área de muitos metros quadrados. Se a nebulização é administrada em uma tenda, então as necessidades de água são realmente grandes, pois a admissão de nebulização em tal tenda é inicialmente diluída pelo ar da tenda. Por um período de tempo, determinado pelo tamanho da tenda, pelo fluxo de ar do nebulizador e pelo consumo de água estabelece-se um equilíbrio onde a água repostada iguala a perda de água da tenda. A água se

perde pela saída de ar, por difusão para fora da tenda, e por precipitação e condensação nas paredes da tenda. A umidade do ar ao redor da tenda vai influenciar a concentração na tenda, desde que as perdas por difusão serão maiores se a umidade de fora fôr fixa. A densidade da névoa ou conteúdo de água em partículas no ar, de uma tenda de nebulização, vai também variar com a umidade do ar que passa através do nebulizador, desde que êste já não estiver umidificado, será levado a 100% de umidade por evaporação das partículas de névoa.

O nebulizador ultra-sônico é usado em sistema de anestesia sem reinalação, ao mesmo tempo como um meio de umidificar os gases secos e também para nebulização em doenças pulmonares obstrutivas. Outras aplicações são a associação com ventiladores por período prolongado, incubadoras de Terapia Intensiva, tubos de traqueostomia, como o principal suporte de um novo emprêgo na terapia com nebulização ultra-sônica em crianças.

SUMMARY

HUMIDIFICATION AND NEBULISATION

A brief review is done on the basic physical and physiological principles necessary to a better understanding and meaning of the concepts of humidification and nebulisation. Absolute and relative humidity and its correlation with physical laws that imposes the conditioning of air in the respiratory tract are described.

It follows a general discussion of the principles governing nebulisation, the importance of particle sizes suspended on the atmosphere, various types of nebulisers and its advantages for use in association with prolonged respiratory therapy using ventilators, in the intensive care unit and specially the uses of ultrasonic nebulisers in children.