

## AVALIAÇÃO E TRATAMENTO DA INSUFICIÊNCIA RESPIRATÓRIA

PROF. OLOF NORLANDER (\*)

AP2469

*As indicações para o tratamento da insuficiência respiratória na prática pediátrica são discutidas e é explicado brevemente o conceito de volume de ventilação controlada de acordo com o princípio do respirador de Engstrom.*

*Os problemas de umidificação desempenham um grande papel para o sucesso no manuseio do tratamento respiratório. A física de vários sistemas de umidificação é discutida com ênfase sobre os nebulizadores ultrassônicos.*

*O manejo prático de respiradores para crianças é ilustrado e são mencionadas possíveis causas de complicações.*

A insuficiência respiratória é uma complicação relativamente freqüente na prática pediátrica. Ela é especialmente comum após intervenções cirúrgicas extensas, sejam abdominais ou torácicas, no período neonatal de caráter urgente, ou ainda nas infecções que envolvem os pulmões e as vias aéreas superiores, como por exemplo, laringo-traqueobronquites agudas.

A seguir apresentamos algumas técnicas empregadas na terapêutica destas afecções Pediátricas em Estocolmo.

A insuficiência respiratória pode se estabelecer quando a ventilação alveolar é insuficiente para eliminar gás carbônico até níveis normais de  $CO_2$  do sangue arterial; quando a função cárdio pulmonar é inadequada para satisfazer a demanda de oxigênio das células dos tecidos; ou ainda pela alteração entre a oferta e o consumo no ciclo respiratório. As duas primeiras causas são conseqüências diretas de alterações fisiológicas, enquanto a última está relacionada com o fator desencadeante da insuficiência respiratória, tôdas porém podem indicar as possibilidades de tratamento.

(\*) Diretor do Departamento de Anestesia da Clínica Torácica, Karoliuska Hospital, Estocolmo, Suécia.

Antes de se instalar o tratamento da insuficiência respiratória efetuam-se as determinações das concentrações sanguíneas dos gases, e a observação clínica, com ênfase especial, deve ser dirigida para a coloração da pele e mucosas (cianose), tipo de respiração, sinais de aumento do trabalho respiratório. Uma vez estabelecido que as medidas de rotina para a melhora da punção respiratória não são suficientes, uma providência mais efetiva será necessária. Esta, geralmente envolve a instituição de ventilação assistida ou controlada, por meio de um tubo traqueal ou através um traqueostoma. O tratamento respiratório dos recém-nascidos e crianças está baseado no conhecimento e compreensão da fisiopatologia do sistema respiratório, bem como das funções envolvidas no controle da respiração e trocas gasosas das membranas alvéolo-capilares. A mecânica pulmonar das crianças difere em alguns aspectos da dos adultos, o que acarreta consequências importantes com respeito à aplicação de RPPI (\*) por períodos de tempo prolongado. As tabelas, tomadas de Cross e modificadas de Cook e als. e Karlberg, resumem as principais diferenças entre adultos e crianças. Há diversos parâmetros de grande importância para a aplicação de ventilação controlada ou assistida, como resistência ao fluxo de gases das vias aéreas, complacência tóraco-pulmonar, complacência dos pulmões isoladamente, espaço morto e destino do oxigênio. A resistência ao fluxo de gases, varia conforme o paciente e é grandemente influenciada pelo diâmetro das conexões das vias aéreas. Assim, Cook e al. (1957), relataram uma resistência pulmonar de 29cm H<sub>2</sub>O/litro/segundo para crianças menores anestesiadas, entretanto durante anestésias com pacientes entubados, foram registrados valores acima de 65 cm H<sub>2</sub>O/litro/segundo por Reynolds e Etstein (1966). A resistência a um tubo endotraqueal de tamanho suficiente para adaptar-se as vias aéreas de um recém-nato, alcançaria assim 35-40 cm H<sub>2</sub>O/litro/segundo aproximadamente.

A complacência ou a relação volume/pressão sobre as vias aéreas, pode ser total para o tórax e pulmões ou só para os pulmões separadamente. Durante RPPI, esta relação nos dirá sobre a elasticidade total dos pulmões e tórax. Valores entre 2.8-5,0 ml/cm H<sub>2</sub>O são relatados. Okmian e al. (1966) efetuando uma série de medidas de complacência em crianças, antes e durante a anestesia, encontraram uma boa correlação com o peso corporal, correspondendo a  $0,875 \pm 0,179$  ml/cm H<sub>2</sub>O/Kg com um coeficiente de variação de 0,95. Ve-

---

(\*) RPPI — Respiração com pressão positiva intermitente.



rificaram ainda que a relação entre pressão final e volume insuflado em cada indivíduo é quase linear. Os valores para a complacência, variam grandemente, quando empregamos RPPI, durante procedimentos cirúrgicos ou em crianças conscientes, devido ao deslocamento de tecidos (abdome), atividade muscular e, talvez mesmo de maior importância, alterações nos pulmões de "per si", devidas à infiltração, edema ou volume pulmonar aumentado.

O produto da complacência pela resistência é igual a um tempo-constante do sistema pulmão-vias aéreas. O valor da constante é muito importante para o entendimento próprio da eficiência de certos tipos de ventiladores. Estes problemas foram explicados por Mapleson (1962) de quem os seguintes exemplos foram tomados. O tempo-constante, um conceito mais comumente usado em circuitos elétricos, nos diz, por exemplo, como o condensador é carregado em um circuito com uma resistência e um potencial elétrico, chamado circuito RC. A capacitância (unidade de resistência de capacidade) do condensador é a análoga à complacência tóraco-pulmonar e a resistência ao fluxo de ar é análoga à resistência elétrica. O tempo-constante diz-nos o tempo necessário para alcançar 63% do valor final, que em mecânica respiratória se compara a 63% da insuflação de um volume corrente, quando o tamanho deste é dependente de uma pressão final a ser alcançada nas vias aéreas. Isto se dá em certos ventiladores de força-constante. Em adultos, o tempo-constante durante a ventilação artificial controlada pode variar entre 0.3 — 1.0 segundos e em crianças entre 0,03 — 0.12 segundos. O pequeno tempo-constante para crianças é produzido por respiradores que são de força constante e máquinas que são do tipo pressão-controlada. Em ambos os casos, a pressão final será alcançada rapidamente, não permitindo tempo suficiente para o fluxo de gás libertar o volume corrente desejado, a menos que os fluxos libertados sejam altos, o que pode posteriormente aumentar a resistência ao fluxo de gás, pela turbulência e por isso causar ciclagem em um tempo mais curto. Devido a estes fatores, muitos anestesiologistas preferem assistir ou controlar a ventilação manualmente, na falta de respiradores especialmente construídos para crianças. Pelo que se discutiu, deve ficar claro que a ventilação prolongada de crianças por razões de insuficiência respiratória, deve ser levada a cabo com equipamento construído para liberar pequenos volumes correntes em um período adequado de tempo, permitindo uma relação suficiente entre tempo inspiratório-expiratório.

Como é bem conhecido, o propósito principal da ventilação controlada, é assegurar ao paciente uma ventilação alveolar adequada, e tensões sanguíneas de gases adequadas principalmente as de oxigênio, além de libertar o paciente do trabalho respiratório excessivo. O trabalho respiratório aumentado, pode ser fatal para muitas crianças, principalmente devido à exaustão do trabalho de reserva, ocorrência relativamente tardia e encontrada especialmente nos casos de obstrução das vias aéreas superiores, traqueo-bronquites, edema de glote, e condições similares.

A ventilação prolongada em crianças, difere em muitos aspectos da dos adultos, e isto é principalmente verdadeiro na orientação da escolha de conexões apropriadas para as vias aéreas. A traqueostomia em recém-natos e crianças é associada em alto grau com problemas de descanulização e a estrutura anatômica da traquéia em crianças, faz com que a frequência de estenoses pós-traqueostomia seja alta, sendo mesmo citada como contra-indicação a este procedimento. Felizmente os materiais modernos de plástico usados nos tubos traqueais e cânulas, parecem diminuir estes riscos a um mínimo, recaindo a escolha do tratamento sempre que possível no uso dos tubos endotraqueais, devendo a traqueostomia somente ser realizada quando a ventilação endotraqueal não for possível. A fixação apropriada de conexões é igualmente importante, preferindo-se para facilitar os tubos que possuem bordas salientes.

*O Respirador* — O conceito de ventilação controlada por volume tem origem na Escandinávia, e as experiências positivas obtidas do tratamento de pacientes adultos com estes métodos fez naturalmente com que se aplicassem os métodos também aos recém-natos e crianças, nas nossas instituições. Presentemente, o respirador de Engstrom de controle por volume-tempo, é exclusivamente usado nas Unidades Pediátricas de Estocolmo. Consiste principalmente de dois circuitos, ou sejam, o circuito-potência com seu motor e o cilindro-pistão, que age no circuito do paciente. A função de potência do gerador de força é alta e de um tipo de aumento de força, isto é, a força libertada do cilindro-pistão aumenta gradualmente durante o tempo em que age no balão respiratório do aparelho. A ciclagem da inspiração para a expiração tem uma relação padrão de 1:2. A função de força do gerador e a relação de ciclagem, permitem o estabelecimento de um período estático de fluxo de gás no fim de cada insuflação, desde que o tempo-constante do sistema pulmões-vias aéreas do paciente permita que isto ocorra. O tempo-cons-

tante do respirador é amplo e permite, para tal ocorrer, uma fase estática na maioria das situações. Este é um elemento de grande importância para uma distribuição ótima do volume corrente insuflado nos pulmões, permitindo a administração de volumes correntes muito pequenos, como 10-15 cc, mesmo na vigência de uma resistência alta das vias aéreas do paciente.

*Frequência respiratória do respirador* — A criança normal aumenta a ventilação primeiramente por aumento da frequência respiratória. Isto pode ser feito sem nenhum aumento apreciável no trabalho realizado. Foi calculado que um aumento na frequência respiratória requer menos trabalho do que seria requerido por um aumento no volume corrente. Isto é devido à relação de afinidade entre o trabalho elástico e resistente, o qual para crianças tem uma relação aproximada de 3:1 (Reynolds e Etsten, 1966) ou com um trabalho elástico correspondente a aproximadamente 70% do trabalho corrente. Mesmo se a resposta natural de uma criança pequena ao aumento na demanda ventilatória for um aumento na frequência ventilatória, isto não significa necessariamente que estas taxas altas deverão ser empregadas durante tratamento respiratório ativo. Tem sido nossa experiência, que nada se ganha com tal adaptação do respirador e de fato, o efeito psicológico da RPPI é menos eficiente e mesmo perigoso. Com frequências altas, é muito mais difícil conseguir uma boa distribuição dos volumes insuflados e as possibilidades são maiores para um aumento na ventilação do espaço morto, devido ao efeito retardador da pressão positiva sobre as vias aéreas macias e flexíveis da criança. Temos por isso empregado uma frequência respiratória entre 20 a 25 em todas as nossas crianças, sem qualquer inconveniente. O tempo-constante do respirador de Engstrom é de forma a dar uma boa distribuição durante este tempo, a qual tem sido experimentalmente verificada por Okmian e al. (1966).

*Volumes respiratórios:* Já foi declarado que a ventilação controlada deve alcançar ventilação alveolar adequada, e por isso é importante ajustar a ventilação a uma quantidade tal que corresponda ao metabolismo da criança, além de que devem ser levados em conta, fatores como espaço morto e compressibilidade. Numerosos diagramas existem para o cálculo da ventilação para os pacientes. O mais conhecido é talvez o de Radford (1954) e foi primariamente construído para ser usado em pacientes em respiradores de tanque. O nomograma apresentado por Engstrom e Herzog e por mim



em 1962 pode ser usado para diferentes frequências respiratórias acima de 30 por minuto e inclui fatores de correção para espaço morto aumentado durante RPPI e compressão dentro do respirador. Este nomograma foi destinado para manter  $\text{PaCO}_2$  normal de 40mm Hg e é baseado no metabolismo de crianças de 3 a 20 kg. O nomograma consiste de duas partes principais, uma para o cálculo da ventilação alveolar basal em litros/minuto, e a outra para o cálculo dos fatores de correção necessários para a quantidade certa de ventilação a ser fixada no respirador. O fator espaço morto do paciente é calculado pela fórmula  $\text{EM} = 0.05 \times \text{Y}$ , onde o Y é a superfície corporal. Isto é algo mais amplo do que o proposto por Radford (1954) que deu um valor de 2 ml/Kg. Acreditamos que os nossos valores correspondem mais acuradamente às circunstâncias reais, especialmente porque se observa uma expansão da árvore tráqueo-brônquica durante a RPPI o nomograma também leva em conta o volume compressível dentro do respirador, um fator de importância considerável quando ventilamos crianças de peso corpóreo baixo. Este fator é cerca de 0.06 cc% de água, correspondendo a pressão corrente final e pode ser também determinado exatamente para cada respirador em uso.

*Valor prático dos nomogramas:* O metabolismo muda rapidamente, especialmente em crianças, por isso o nomograma deve ser usado com cuidado e bom senso e a quantidade de ventilação ajustada freqüentemente de acordo com a conduta clínica da criança, e com as determinações repetidas de tensões do gás no sangue, dando-se preferência a micro-técnica de Astrup para determinações de  $\text{CO}_2$ . Para as determinações de tensão de oxigênio, uma modificação do eletródio de Clark para uso com amostras de capilares foi desenvolvido por Holmgren (1965) e provou ser muito útil.

*Umidificação:* — A umidificação adequada dos gases inspirados, em pacientes com traqueostomia ou com tubo endotraqueal, sob terapia com respirador, é necessária para a prevenção de perda de água e complicações das vias aéreas; é proibitiva a instalação do respirador sem que se tenham tomado providências para uma umidificação adequada. A quantidade necessária é dependente da temperatura e da quantidade absoluta de água contida no gás. A temperatura normal são necessários em torno de 44 g de  $\text{H}_2\text{O}/\text{m}^3$  para prevenir qualquer perda de água do paciente. Há diversos métodos disponíveis atualmente para uma boa umidificação, sendo os mais comuns aqueles de sistemas "draw-over", va-

porizadores aquecidos e umidificadores produtores de ultrassom, tendo sido o primeiro tipo introduzido por Herzog e Norlander (1964). São particularmente interessantes para o tratamento de crianças, já que permitem umidificação poderosa com quantidades conhecidas de água, no entanto, não compensam perdas, mas ao contrário adicionam água para o paciente, como por exemplo, com o aparelho ultrassônico na capacidade máxima de cerca de 0.72 mg de água por minuto, uma criança requerendo uma ventilação de 4 l/minuto, terá ganho líquido de aproximadamente 400 g por 24 horas.

*Indicações para o uso do respirador:* Como foi relatado na introdução, o uso prolongado pós-operatório da ventilação controlada está especialmente indicado após intervenções tóraco-abdominais prolongadas, associadas com complicações pulmonares, ou em pacientes onde a função pulmonar está enfraquecida. De minha própria experiência, isto se relaciona com crianças submetidas a cirurgia cardíaco-vascular no pós-operatório imediato, especialmente quando a bomba coração-pulmão é utilizada para a correção de malformações difíceis. Usamos por isso, o tratamento com respirador em uma proporção relativamente alta de crianças após correção de Tetralogia de Fallot e após re-operações. Muitas destas crianças, têm uma função pulmonar anormal, que associada com complicações cirúrgicas como sangramentos intra-tórácicos pós-operatórios, não deixam nenhuma possibilidade para a respiração espontânea, exigindo o uso de respirador por longo período de tempo, chegando às vezes a diversas semanas. Os controles repetidos das tensões do gás no sangue arterial e exames de raios-X do tórax nos dão informações de como o tratamento está se processando. Muitos desses pacientes têm valores de tensão de oxigênio baixos, indicando um aumento de "shunt" pulmonar ou cardíaco, isto é, permanecendo o orifício auricular aberto, onde o sangue não saturado sofre um desvio para o coração esquerdo. Em tais casos têm de ser usadas altas concentrações inspiratórias de oxigênio afim de alcançar uma saturação arterial razoavelmente boa; no entanto, altos níveis de oxigênio podem ter um efeito tóxico nas membranas alveolares, e não devem ser usados a menos que a tensão de oxigênio do sangue arterial esteja excessivamente baixa.

*Complicações:* É de primordial importância que o pessoal encarregado destes pacientes tenha um conhecimento completo a respeito da função do equipamento, por isso, é me-

lhor padronizar o tratamento e não usar tipos diferentes de respiradores. A complicação principal imediata mais perigosa é a obstrução aguda das vias aéreas ou a desconecção do respirador. A verificação constante dos volumes ventilatórios e dos processos resultantes no circuito do paciente, é necessária, podendo a contaminação e a infecção cruzada serem dominadas por meio de cuidados de enfermagem especializados e planificação apropriada intensiva, onde devem existir também as facilidades de isolamento. A traqueostomia e o uso de cânulas inadequadas podem ser associados com erosão traqueal e especialmente, dificuldades de descanulização. O uso de tubos traqueais e cânulas de plástico eliminou tais casos.

*Aspiração das vias aéreas:* É um procedimento particularmente perigoso devido à pequena reserva dos pulmões das crianças, devendo somente ser efetuada em pacientes bem oxigenados. A aspiração deve ser feita quando o catéter está introduzido e somente por curtos períodos, sempre em condições estéreis, isto é, luvas ou pinças; lembrando-se que a chamada aspiração seca pode lesar a mucosa e causar sangramentos. As pressões de sucção a serem usadas devem ser moderadas senão haverá risco em poucos segundos, do esvaziamento agudo dos pulmões de todo o oxigênio disponível, o que leva a uma anóxia aguda e parada cardíaca. As estatísticas mostram que muitas das paradas cardíacas durante o tratamento com respiradores ocorrem durante a aspiração ou troca de cânulas ou tubos.

## SUMMARY

### ESTIMATION AND MANAGEMENT OF RESPIRATORY INSUFFICIENCY

1. The indications for respirator treatment in pediatric practice are discussed and definitions are given for respiratory insufficiency.
2. The mechanics of breathing in infant is discussed in relation to mechanical respirators and the concept of volume controlled ventilation according to the Engstrom respirator principle is briefly explained.
3. Humidification problems play a great role for the successful management of respirator treatment. The physics of various humidifying system is discussed with special emphasis on ultrasonic nebulizers.
4. The practical management of respirator-infants is illustrated and possible causes to complications are mentioned.