

I Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica Pediátrica:

Ventilação Mecânica na Crise de Asma Aguda

Coordenadores: José Oliva Proença Filho; Norberto Freddi;

Eduardo Juan Troster; Arnaldo Prata.

Relatora: Nilcéa de Moura Freire.

Colaboradores: André Luis de Carvalho; Paula Azi; Fabio Zattar; Marli Soares.

Supervisores: Werther Brunow de Carvalho; Alexandre Rotta.

Introdução:

Apesar dos avanços no entendimento da fisiopatologia e terapêutica da asma, constata-se notório aumento das taxas de morbidade e mortalidade mundial, significativa variação geográfica e por faixa etária (4), com aumento da prevalência (1-3). Enquanto, a crise de asma grave é menos incidente com baixas taxas de complicações e poucos óbitos hospitalares (3).

As taxas de morbidade e mortalidade relacionadas à crise de asma grave continuam decrescendo, então, torna-se importante que médicos assistentes tenham entendimento de como o aprisionamento de ar (*air-trapping*) possa ocorrer, seja mensurado e limitado. Os óbitos são mais comumente o resultado de uma das complicações deste aprisionamento de ar, incluindo-se: barotrauma, hipotensão e acidose respiratória refratária (40).

Estima-se que cerca de 10% (dez por cento) dos indivíduos hospitalizados com diagnóstico de asma serão encaminhados para a UTI (Unidade de Terapia Intensiva) e 2% a 4% (dois a quatro por cento) destes, serão intubados (5, 40, 41). A admissão em UTI (unidade de terapia intensiva) e a necessidade de ventilação mecânica estão associadas com a mortalidade (1,2).

A asma permanece como uma das causas mais comuns de hospitalização em crianças, especialmente, na faixa etária inferior a 15 (quinze) anos (6,71). A crise de asma aguda ainda é uma razão comum de admissão em unidades de terapia intensiva pediátrica (7). As exacerbações de asma aguda são a terceira causa de hospitalização pediátrica nos Estados Unidos e o custo estimado para tratamento está acima de

três bilhões de dólares por ano (41). Muita atenção tem sido focada no diagnóstico precoce e na prevenção da asma pediátrica (11). A taxa de mortalidade por falência respiratória, relacionada com o estado de mal asmático, foi de 38% em 1990 (40), reduzida significativamente para 7%, no ano de 2000 (41).

Exacerbações da crise de asma aguda grave, refratárias às intervenções farmacológicas são potencialmente ameaçadoras a vida e podem requerer ventilação mecânica. Tem sido sugerido que ventilação mecânica pode ser uma causa de mortalidade e morbidade em pacientes com asma aguda grave. Quando o paciente com asma grave não responde a terapia medicamentosa, esforços para promover adequada oxigenação e ventilação podem ser feitos por ventilação não invasiva (VNI) e ventilação invasiva.

Marcado aumento da resistência das vias aéreas, e constante de tempo prolongada são os achados característicos da mecânica respiratória da asma. As recomendações para a ventilação mecânica na asma são provenientes de estudos, a maioria realizada em pacientes adultos, e são baseadas na prevenção das complicações relacionadas ao aprisionamento de ar (*air-trapping*), através do uso de estratégias ventilatórias protetoras que serão apresentadas a seguir.

Ventilação mecânica não invasiva:

Ventilação não invasiva tem sido usada na asma e na bronquiolite com resultados favoráveis. Beers e Col em uma revisão retrospectiva de 73(setenta e três) pacientes com asma aguda grave, tratados com uso de Bipap, relataram que 77% (setenta e sete por cento) destes pacientes mostraram melhora da frequência respiratória, enquanto a melhora na saturação de oxigênio foi evidenciada em 88%(oitenta e oito por cento), com menor necessidade de admissão em Unidades de Terapia Intensiva (64, 65).

Apenas os dados de dois pequenos estudos randomizados em que foi avaliado o uso de ventilação não invasiva em pacientes com asma aguda grave; um estudo em crianças (65) e um estudo piloto em adultos (66), ambos sugerem que em pacientes selecionados com asma aguda grave, o uso de ventilação não invasiva pode melhorar a função pulmonar e reduzir a necessidade de hospitalização. Há também, alguns estudos observacionais, com resultados consistentes na literatura (67, 68).

Na doença pulmonar obstrutiva crônica, outra condição frequentemente associada com severa limitação ao fluxo de ar, um número de triagens prospectivas randomizadas tem mostrado que ventilação não invasiva reduz a necessidade de intubação endotraqueal, o tempo de permanência hospitalar, a taxa de mortalidade e melhora na sobrevida (18-69). O grau em que esses dados podem ser aplicados à população asmática é discutível. Enquanto o uso da ventilação não invasiva requer mais investigações na asma aguda grave, esta é corretamente usada como uma alternativa inicial à ventilação invasiva em

alguns centros. O sucesso da ventilação não invasiva depende de uma variedade de fatores, tais como: experiência clínica, pacientes selecionados e o tipo de interface utilizada (69, 70).

Indicações de Ventilação Mecânica Invasiva:

A avaliação clínica é fundamental porque muitos pacientes que se apresentam com hipercapnia não requerem intubação traqueal e ventilação mecânica (15), então, a decisão de intubar não deve ser baseada somente nas trocas gasosas, devendo ser, principalmente, fundamentada no diagnóstico clínico (13, 46, 70). Marcadores da deterioração clínica incluem:

- Aumento dos níveis de dióxido de carbono (ou sua normalização em pacientes com hipocapnia prévia).
- Desconforto respiratório progressivo e sinais de fadiga.
- Depressão do nível de consciência.
- Instabilidade hemodinâmica.
- Hipoxemia refratária (14).
- Parada respiratória, e parada cardiorrespiratória.

Deve-se monitorar a deterioração clínica através do exame físico, saturação de oxigênio e gasometria arterial. O momento exato para intubação traqueal é primordialmente uma decisão clínica. Este procedimento, pode agravar a broncoobstrução e ventilação com pressão positiva aumenta muito o risco de depressão circulatória e barotrauma (69). As principais complicações, inerentes ao procedimento, mais freqüentemente observadas são: hipotensão, dessaturação de oxigênio, pneumotórax, enfisema subcutâneo e parada cardíaca.

Saturação de O₂ - Um nível de SatO₂ < 92% indica insuficiência respiratória grave em crianças. SatO₂ nestes níveis em ar ambiente é fortemente sugestivo da necessidade de internação nas crianças e SatO₂ < 80% no pré-tratamento está associada a um risco aumentado de admissão em UTI. Todos os pacientes com SatO₂ ≤ 95% devem receber Oxigênio.

Grau de recomendação (B) ⁵⁻¹⁰

Rx de Tórax - Evidências em crianças sugerem que o Rx tórax está indicado na crise de asma somente nas seguintes situações:

- Suspeita clínica de pneumotórax ou enfisema mediastinal
- Piora clínica apesar do tratamento adequado
- Sinais de localização de processo pulmonar
- Saturação de Oxigênio (SatO₂) ≤ 92% e sem melhora com o tratamento
- Febre com suspeita de processo infeccioso associado.

Grau de recomendação (B)^{11,12}

Objetivos da Ventilação Mecânica:

Quando o paciente com asma grave não responde à terapêutica medicamentosa, intervenção imediata e esforços para promover adequada oxigenação e ventilação por meio de Ventilação Não Invasiva (VNI) ou Ventilação Mecânica Invasiva por pressão positiva devem ser realizados. Estes pacientes têm uma propensão para desenvolver severa limitação ao fluxo de ar, tornando difícil exalar o gás inspirado, o que leva a hiperinsuflação dinâmica, também referida como pressão expiratória final positiva intrínseca (auto-PEEP ou PEEPI). Logo, um dos mais importantes princípios da ventilação mecânica na crise de asma aguda grave é utilizar estratégias que reduzam a probabilidade de potencializar estas complicações (13). Os objetivos da ventilação mecânica na crise de asma aguda grave são:

- Diminuir o trabalho respiratório causado pelo aumento da resistência nas vias aéreas e pelos níveis crescentes de insuflação (16, 17).
- Evitar barotrauma ainda que seja necessário o uso de ventilação controlada ou hipercapnia permissiva (16, 18).
- Manter o paciente estável, enquanto o tratamento medicamentoso com corticóides e broncodilatadores, reduz o processo inflamatório e a resistência das vias aéreas com reversão da crise de asma aguda, permitindo que o paciente reassuma a respiração espontânea.

Modo Ventilatório

Recomendação: A estratégia ideal para ventilação mecânica em crianças com asma grave não está estabelecida. Ventilação com os Modos Controlados a Pressão, pode ser mais vantajosa por permitir uma ventilação mais uniforme. Ventilação com os Modos Controlados a Volume permanece como uma opção tradicional nesta situação (12, 13, 43, 44, 24, 46). O Modo Pressão regulada Volume Controlado, pode ser

mais vantajoso do que os modos controlados a pressão (PCV) porque ele garante volume controlado por regulação da pressão de inflação em face das mudanças na resistência pulmonar. Contudo, Pressão Regulada Volume Controlado é um modo relativamente novo e pouco utilizado (12). Recomendamos ventilar, com os Modos Controlados a Pressão, por maior experiência na prática clínica em pediatria.

Grau de Recomendação: D

Comentário: Na Ventilação com Modos Controlados a Volume (VCV), o volume corrente é demandado com fluxo constante. As vias aéreas relativamente menos obstruídas com constante de tempo curta estão recebendo, provavelmente, mais volume durante a inspiração quando, comparadas com as vias aéreas mais obstruídas com constante de tempo longa. Isto resulta, em ventilação desigual, altos picos de pressão inspiratória e um decréscimo na complacência dinâmica (35, 35).

Tem sido sugerido que os Modos Controlados a Pressão (PCV) sejam a melhor escolha para ventilação mecânica na asma (35,45). Nestes modos ventilatórios (PCV), devido à constante pressão de inflação, unidades pulmonares relativamente menos obstruídas com constante de tempo curta deveriam alcançar pressões de equilíbrio mais precoces durante a inspiração, quando comparadas com áreas mais obstruídas. Então, unidades com constante de tempo curta deveriam alcançar seu volume mais cedo na inspiração, enquanto aquelas com constante de tempo longa deveriam continuar a receber volume adicional na inspiração. Isto resulta, em maior distribuição igualitária do gás inspirado, maior volume corrente, semelhantes pressões de inflação e melhora da complacência dinâmica quando comparados aos Modos Controlados a Volume.

A desvantagem da Ventilação, com os Modos Controlado a Pressão (PCV), é que o volume corrente demandado dependerá da resistência do sistema respiratório do paciente. Na asma, devido às rápidas mudanças na resistência das vias aéreas, mantendo a mesma pressão de inflação, o volume corrente recebido pelo paciente, aumentará quando a resistência diminuir e diminuirá quando a resistência aumentar. Isso gera, necessidade de freqüentes mudanças no nível de pressão controlada para acomodar as mudanças na resistência.

A seguir, descreveremos o consenso entre os autores a respeito dos parâmetros ventilatórios para uso na asma grave em Pediatria.

Parâmetros Ventilatórios na Asma

Os parâmetros utilizados para ventilar pacientes pediátricos com asma ainda são discordantes na literatura. Embora, o uso de termos como hipoventilação controlada e picos de pressão limitados sejam uma constante nos artigos, seus valores ainda diferem muito de um autor para outro.

O consenso entre os autores é a utilização do menor volume corrente possível, com picos de pressão controlados para evitar barotrauma e trabalhando com o conceito de hipercapnia permissiva.

As recomendações abaixo refletem mais a opinião dos diversos especialistas na literatura, do que trabalhos randomizados realizados em pacientes pediátricos:

- **Modo Ventilatório com pressão controlado, melhor do que modo volume controlado.**
- **Modos com Pressão de Suporte, mais tolerados do que Modos com Pressão Assistida.**
- **Modo Pressão Regulada Volume Controlado, como um modo alternativo na ventilação do paciente asmático.**
- **Monitorar: Picos de Pressão Inspiratória, Pressão de platô, Volume corrente e auto-PEEP.**

VOLUME CORRENTE

Recomendação: Utilizar volume corrente baixo, 5 a 8ml/kg (cinco a oito).

Grau de recomendação: D

Comentário: Quando examinamos a literatura, nos deparamos na maioria das vezes, com a orientação de volume corrente baixo na ventilação da asma, mas ao verificar os valores descritos, observamos que estão muito próximos aos fisiológicos. (18, 35, 47, 48, 49). Trabalhos Clássicos na literatura recomendaram volumes correntes maiores, de 8 a 12 ml/kg (oito a doze) (18) utilizando modos controlados a volume, para tanto, seria necessário o uso de frequências muito baixas para haver exalação completa do gás antes da próxima inspiração (18,24).

A utilização da hipoventilação controlada e hipercapnia permissiva vem possibilitando o uso de volume corrente mais baixo (5 a 8ml/kg), tolerando-se níveis mais altos de dióxido de carbono (hipercapnia permissiva), minimizando a ocorrência de hiperinsuflação e o risco de barotrauma.

PRESSÃO INSPIRATÓRIA

Ao discutirmos pressão inspiratória, seria melhor a utilização da pressão de platô como parâmetro, do que a pressão de pico, uma vez que essa reflete a pressão na via aérea no fim da inspiração sob a condição de nenhum fluxo de gás (uma medida que estima pressão alveolar), seu valor deve ser menor que 30 cmH₂O durante a ventilação mecânica para evitar a hiperdistensão alveolar (47, 50). Entretanto, devido à dificuldade e até a impossibilidade de se medir a pressão de platô em pacientes asmáticos na maioria das Unidades de Terapia Intensiva pediátricas no Brasil, nós discutiremos os limites de pressão de pico mais utilizados na literatura.

Recomendação: Limitar a pressão de pico em valores entre (30 a 40 cm H₂O). Recomenda-se valores de pressão de pico (30 a 35 cm H₂O), para pré-escolares e valores (35 a 40 cm H₂O), para escolares e adolescentes (12).

Grau de recomendação: D

Comentário: A maioria dos artigos define limites de pressão de pico em torno de (30 a 40 cm H₂O) na ventilação de crianças asmáticas, como sendo um nível suficientemente alto para gerar o volume corrente desejado, mas ainda tolerável em termos de risco para barotrauma (47,51).

Ashok P Samai K et al, em uma revisão retrospectiva, utilizaram pressões de pico de (25 – 30 cm H₂O) para pacientes pediátricos de 1 a 5 anos de idade e valores de (30-35 cm H₂O) para crianças acima de 05 anos de idade. (12). Em pacientes nos quais a obstrução é mais intensa, será difícil alcançar o volume corrente recomendado, com esses níveis de pressões. Alguns autores recomendam o uso de pressões de até 50 cm (H₂O) para ventilar pacientes adultos com obstrução mais grave (18, 40, 42,52).

Muitos autores continuam fazendo opção pelos modos controlados a volume para ventilar o paciente asmático, nesta situação, deve-se monitorar a pressão de platô e valores menores que (30 cm de H₂O) são desejáveis (31, 40, 61).

PRESSÃO EXPIRATÓRIA POSITIVA (PEEP)

Um dos pontos de maior discordância entre os especialistas, no que se refere à ventilação de pacientes pediátricos com asma, é a utilização de PEEP extrínseco. Por se tratar de uma patologia onde existe uma grande resistência à exalação de ar, parece clara a recomendação de baixos níveis de PEEP. No entanto, mais recentemente, surgem na literatura relatos de utilização de valores de PEEP acima do fisiológico, que paradoxalmente estão associados com melhora da hiperinsuflação e redução da pressão média de vias aéreas.

Recomendação: Utilizar PEEP baixo rotineiramente, com valores abaixo do fisiológico (4-5 cm H₂O)

Grau de recomendação: D

Comentário: Devido a grande resistência presente nas vias aéreas de pacientes asmáticos, existe uma dificuldade em exalar todo o volume corrente inspirado. Normalmente, os pacientes precisam de tempo expiratório maior que duas vezes o valor normal para permitir que o fluxo de ar cesse por completo, durante a expiração. É de comum acordo, a realização de medidas para facilitar essa saída de ar dos pulmões, e uma destas, é a utilização de PEEP abaixo do fisiológico (24,49).

Alguns autores defendem o uso de PEEP zero inicialmente, e que esse valor seja cuidadosamente aumentado no decorrer da ventilação. Paralelamente a esse consenso, vem aumentando o número de trabalhos mostrando que a administração de PEEP em valores superiores ao fisiológico, porém abaixo do

valor do auto-PEEP, são capazes de melhorar a sincronia do paciente com o ventilador, reduzir o esforço inspiratório e o aprisionamento de ar (53, 54, 55).

A melhora da sincronia do paciente com o aparelho deve-se ao fato de que para o paciente disparar um ciclo de pressão assistida ou de suporte ele tem que gerar uma pressão negativa em relação ao PEEP de base. Quando o paciente tem auto-PEEP, o PEEP a que ele está submetido é maior do que o PEEP de base programado, logo ele tem mais dificuldade para gerar a pressão negativa que dispare a pressão de suporte/assistida. Se colocarmos o PEEP programado mais próximo do PEEP real (auto-PEEP), em torno de 2/3 ou 50% a 80% do valor do auto-PEEP, o paciente terá que fazer menos esforço para disparar um ciclo suporte/ assistido (13, 72, 73) (fig 1).

Sugerimos utilizar PEEP (50 a 80% do valor do auto-PEEP), apenas nos pacientes em desmame, com respiração espontânea, em uso dos modos SIMV/ PS para a melhora da sincronia do paciente com o respirador. Antes, deve-se mensurar o auto-PEEP e avaliar prováveis etiologias deste.

Tem sido demonstrado que em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica, com mais de 40% de esforço muscular, gerado pelo auto-PEEP, a adição de PEEP extrínseco pode atenuar o esforço muscular necessário para dar início à fase inspiratória da ventilação mecânica e melhorar a interação do paciente com o ventilador. Nestes pacientes, o PEEP extrínseco deve ser titulado individualmente, com uma variação de (50 a 80%) do auto-PEEP, sendo tolerado, até que a pressão de platô e o PEEP total comecem a aumentar. Essa manobra é ideal para os pacientes que respiram espontaneamente e capazes de disparar o ventilador (13,40), (Fig1).

A melhora do aprisionamento de ar é mais controversa e, teoricamente, é proveniente da capacidade que um PEEP maior teria para manter a via aérea terminal aberta por mais tempo durante a expiração, evitando assim, a oclusão precoce e o aprisionamento de ar (13). O PEEP extrínseco pode prevenir o colapso da via aérea, por mantê-la aberta. Neste caso, o PEEP extrínseco poderia ser mais útil na obstrução mais severa, incluindo pacientes que não respiram espontaneamente (fig 2). Relata-se, que o PEEP extrínseco tem sido efetivo em reduzir a injúria pulmonar relacionada ao ventilador (13).

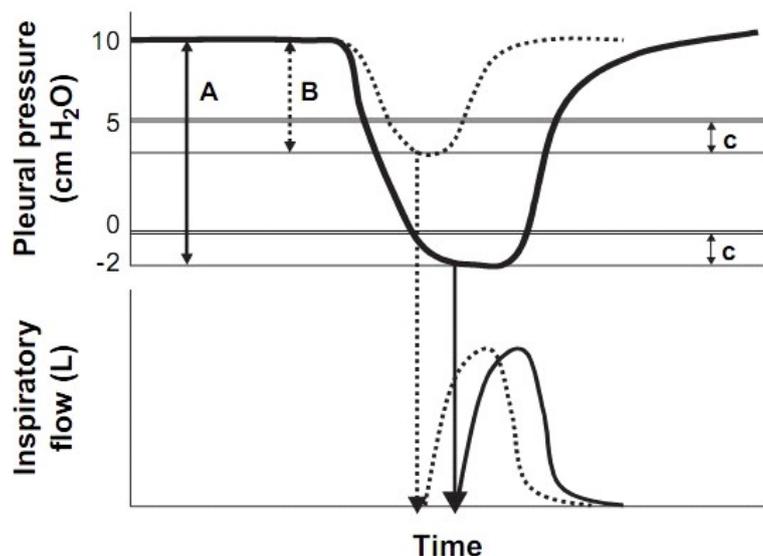


Fig1: Efeito da aplicação do PEEP no disparo da ventilação mecânica. A aplicação de 5cm H₂O de PEEP, reduz o esforço respiratório inicial do nível A para o nível B por redução do auto-PEEP no paciente com DPOC com 2cm de H₂O de sensibilidade para o disparo (seta c).

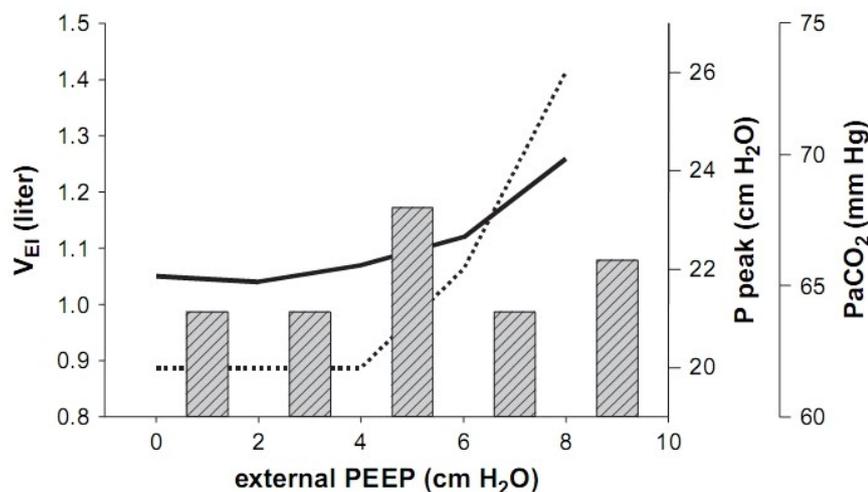


Fig 2: Um caso do efeito da aplicação do PEEP externo no volume inspiratório final (VEI) e na pressão de pico (Ppico). VEI (linha sólida na figura), a soma do volume aprisionado e volume corrente, e Ppico (linha interrompida) está aumentada em um paciente masculino de 71 anos de idade com 8 cm H₂O de auto-PEEP, quando 6cm H₂O de PEEP externo são aplicados, para melhorar o esforço de disparo. Barra sólida indica o nível de PaCO₂.

FREQÜÊNCIA RESPIRATÓRIA E TEMPO INSPIRATÓRIO

Recomendação: Ventilar os pacientes com frequências respiratórias baixas, valores de 12-16 incursões respiratórias para paciente entre 01-05 anos e valores de 10-12 para pacientes maiores de 05 anos (12). Permite-se, nesta situação, o uso de tempo inspiratório no limite superior para a idade.

Grau de recomendação: D

Comentário: Uma frequência respiratória inicial, ao redor de 12, parece ser o consenso entre a maioria dos autores, podendo ser alterada para cima ou para baixo, dependendo da gravidade do quadro obstrutivo e da necessidade de maior ou menor do tempo expiratório (TE) para terminar a exalação completa de ar. A determinação da frequência respiratória no paciente asmático está intimamente relacionada ao grau de obstrução, podendo ser bastante dinâmica (61). Quanto mais severa a obstrução, mais prolongado deve ser o tempo expiratório e menor a frequência respiratória (61) Quando respeitamos a relação (inspiração: expiração), (I: E) recomendada de (1:3 a 1:4) e trabalhamos com tempo inspiratório normal para a idade e até um pouco maior para ajudar a gerar o volume corrente ideal, certamente precisaremos trabalhar com frequência baixa para permitir essa conjunção (47, 48, 56). *Ashok P; Samai K et al*, em uma revisão retrospectiva, utilizaram valores de frequência respiratória de 12-16 para pacientes de 1 a 5 (um a cinco) anos e valores de 10-12 para pacientes maiores que 05 (cinco) anos (12).

Hipercapnia Permissiva

Recomendação: Estratégia ventilatória, com redução do volume minuto por ajuste do volume corrente, frequência respiratória ou pressão no ventilador, permitindo elevação do dióxido de carbono (CO_2) até duas vezes o valor normal ($\text{PACO}_2 < 90$) para manter o (pH acima de 7,2), tem sido largamente aceita (27, 34, 36). Esta estratégia vem sendo recomendada em pacientes asmáticos, ventilados mecanicamente (18). Recomendamos aceitar um pH acima de 7,1 baseados em estudo mais recente da literatura (40).

Grau de recomendação: C

Comentário: Hipercapnia permissiva é a presença de hipercapnia em pacientes ventilados mecanicamente, recebendo limitadas pressões inspiratórias, reduzidos volumes correntes e frequências respiratórias (19). A intenção desta estratégia ventilatória é reduzir a hiperinsuflação (*lung stretch*) e minimizar o volutrauma. Hipercapnia resultante, que eleva os níveis sanguíneos de dióxido de carbono (CO_2), em até duas vezes o valor normal, é tolerada, mas não necessariamente desejada (19).

Darioli e Perret (18) propuseram o uso de hipercapnia permissiva para minimizar barotrauma em pacientes com asma que necessitaram de ventilação mecânica. Benefícios propostos da hipercapnia incluem: redução da hiperinsuflação (*lung stretch*), dilatação das pequenas vias aéreas, melhora da ventilação colateral e atenuação do processo inflamatório (7). Vários autores descrevem decréscimo na taxa de mortalidade em pacientes asmáticos com o uso de hipoventilação controlada (3, 20, 21). Contudo, não há nenhum estudo controlado, demonstrando benefícios da hipercapnia permissiva quando comparado com a normocapnia.

Hipercapnia e a resultante acidose respiratória podem estar associadas com conseqüências, tais como: diminuição da responsividade às catecolaminas, redução dos efeitos dos broncodilatadores e aumento da pressão intracraniana (12).

Em estudo pediátrico que utilizou ventilação com modo controlado a volume, sem hipoventilação controlada, a incidência de barotrauma foi de 16 a 33% (12). Estudos, usando hipercapnia permissiva e limitada pressão de pico inspiratório, descreveram a incidência de barotrauma que variou de 0% em um estudo (22) a 15 a 20% em outros estudos (23, 24, 25). A correspondente taxa de barotrauma em adultos que receberam ventilação mecânica, modo controlado a volume, com e sem hipoventilação controlada foi de 4-27% (3, 18, 20, 21, 26) e 2-18% (27, 28) respectivamente. Hipercapnia tem sido permitida, com sucesso, em pacientes com asma aguda grave (*status asmáticus*), ventilados mecanicamente (12, 18).

Se a hipercapnia resultar em pH abaixo de 7,1, o surgimento de acidose respiratória pode resultar em arritmias cardíacas e morte. A infusão de bicarbonato de sódio pode ser requerida como terapia máxima para elevar o pH arterial a um nível seguro acima de 7,1 a 7,2 (40). Contudo, nenhum estudo tem demonstrado benefício associado com a infusão de bicarbonato, então, deve-se proceder à avaliação do paciente considerando o uso de medidas que reduzam a produção de dióxido de carbono, tais como: evitar hipertermia, aumentar sedação e realizar paralisia neuromuscular se necessário(13).

Monitoração Ventilatória na Asma

Os objetivos da monitoração ventilatória na asma são:

- Adequar os parâmetros ventilatórios as alterações fisiológicas presentes.
- Vigiar as complicações da ventilação na Asma (Hiperinsuflação e auto-PEEP).

Os ventiladores modernos já dispõem de monitoração integrada, permitindo uma vigilância adequada.

CURVA FLUXO X TEMPO

Recomendação: A curva fluxo x tempo é a mais facilmente utilizada para adequar os parâmetros ventilatórios e identificar auto-PEEP.

Grau de recomendação: D

Comentário: Ao afirmar que devemos utilizar a frequência do aparelho (FAP) baixa para evitar o auto-PEEP, sugerimos uma relação inspiratória:expiratória (I : E) empírica de (1:3). Quando monitoramos a curva Fluxo x Tempo (FXT), podemos ajustar os outros parâmetros e, progressivamente, aumentar a frequência do aparelho (FAP), enquanto a curva estiver mantendo configuração normal com a parte expiratória da curva voltando a zero (47) (fig 3).

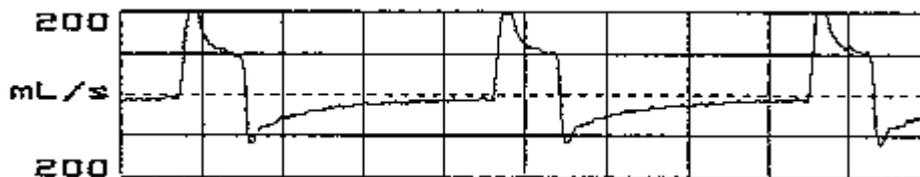


Figura 3

A observação de uma curva fluxo x tempo (FXT) como a da figura 4, Onde a fase expiratória não alcança o zero antes da próxima expiração, diagnostica o aprisionamento de ar e o auto-PEEP (59).

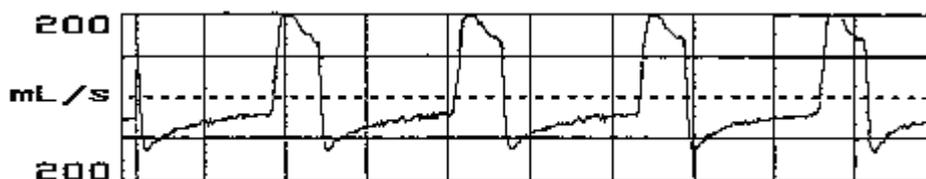


Figura 4

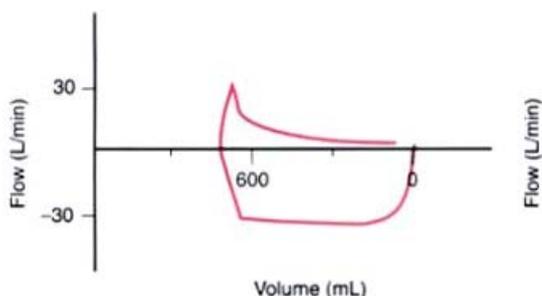
CURVA FLUXO X VOLUME (FXV)

Recomendação: A curva Fluxo x Volume (FXV) permite monitorar a resposta clínica ao tratamento da asma, assim como a monitoração do volume corrente inspiratório e expiratório.

Grau de recomendação: D

Comentário: No paciente sem alteração das vias aéreas, a alça (*loop*) fluxo x volume tem um formato que lembra uma elipse, quase arredondado. No paciente asmático, devido ao aumento da resistência das vias aéreas, a curva perde seu formato habitual e passa a lembrar um quadrado devido à desaceleração do fluxo que atravessa uma via aérea com grande resistência, principalmente na fase expiratória da curva (Figura 5). O retorno da curva ao formato habitual, serve como parâmetro de resposta ao tratamento.

Figura 5



A monitoração do volume corrente expirado, também serve como parâmetro de melhora clínica, pois ao reduzir o auto-PEEP e a hiperinsuflação, o volume de ar antes aprisionado é gradualmente exalado aumentando o volume corrente expirado. Estimativa do aprisionamento de ar (*air-trapping*) utilizando a mensuração do volume exalado pode ser feita por coleta do volume total expirado durante 20 a 60 segundos de apnéia em um paciente paralisado. *Tuxen* e colaboradores descreveram este volume como “VEI” (o volume de gás ao final da inspiração acima da capacidade residual funcional). *Tuxen e Lane* (49) também demonstraram que um VEI acima de 20 ml/kg prediz complicações, como hipotensão e barotrauma, em pacientes asmáticos ventilados mecanicamente. Estudos prospectivos, envolvendo um maior número de pacientes, são necessários para validar o VEI (13,49).

MEDIÇÃO DO AUTO-PEEP

Recomendação: A ocorrência de auto-PEEP pode ser identificada de várias formas, tais como: 1) observação do gráfico fluxo X tempo; 2) mensuração do volume exalado total (VEI) e 3) mensuração da pressão expiratória final, sendo necessária uma manobra ventilatória para determinar o seu valor. (60) O controle do auto-PEEP é fundamental para evitar barotrauma e evitar efeitos hemodinâmicos adversos.

Grau de recomendação: D

Comentário: A manobra de monitoração do auto-PEEP é realizada no paciente bastante sedado ou curarizado. Ao final da expiração, aplica-se uma pausa expiratória por cerca de 20 a 60 vinte a sessenta segundos, momento em que, a linha de pressão subirá e alcançará um platô no valor correspondente ao auto-PEEP (13). Se a porção expiratória do ventilador é ocluída ao final da expiração, então, a pressão proximal da via aérea irá equilibrar com a pressão alveolar e permitirá mensurar o auto-PEEP. Esta manobra, não é correlacionada com complicações (13) e na prática, tem sido pouco utilizada. A contração muscular pode elevar o auto-PEEP, sem hiperinsuflação adicional, portanto, para a acurada mensuração do auto-PEEP, o paciente deve estar paralisado (13,40).

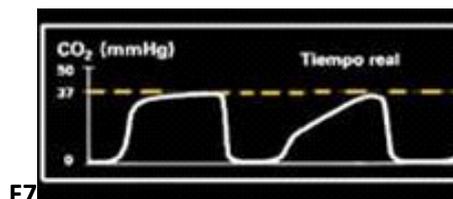
CURVA DE ETCO₂

Recomendação: Quando não dispomos de monitoração gráfica na ventilação mecânica, podemos utilizar formas indiretas como a capnografia para diagnosticar a retenção de ar e o auto-PEEP (59).

Grau de recomendação: D

Comentário: A capnografia, nos pacientes sem alterações ventilatórias, mostra um formato de um quadrado, como demonstrado na primeira onda da figura abaixo (fig 6), na qual, o platô superior exibe o CO₂ durante a expiração.

No paciente asmático, o tempo expiratório não é suficiente para exalar todo o volume corrente. Deste modo, ao invés de um platô na porção inspiratória da curva, esta apresenta uma ascendência, conforme o formato da segunda onda da figura abaixo (fig 7). Consta-se que o valor do ETCO_2 fica discrepante em relação ao sérico (PaCO_2), pelo alto índice de CO_2 sanguíneo, por não ser devidamente eliminado pela respiração em função do auto-PEEP.



Outros Aspectos Relacionados ao Cuidado do Paciente com Crise Asmática Aguda em Ventilação Mecânica

ANALGÉSICOS E SEDATIVOS

Recomendação: A aplicação de sedação e analgesia são fundamentais para melhor acomodação do paciente aos ajustes dos parâmetros da ventilação pulmonar mecânica na asma (13, 35). A cetamina, um agente anestésico dissociativo, é a escolha em pacientes asmáticos devido a sua atividade broncodilatadora (35), utilizada em *bolus* de (2 mg/kg), usualmente seguido de infusão contínua de (0,5 a 2mg/kg/h), porém doses mais elevadas têm sido utilizadas. A infusão contínua de midazolam deve ser ajustada para garantir sedação profunda. Morfina deve ser evitada, devido seu potencial para liberação de histamina com piora da broncoconstrição.

Comentários: A cetamina também pode ser útil como agente indutor na seqüência rápida de intubação e pode reduzir a resposta broncoconstritora da inserção de tubo endotraqueal. Efeitos indesejáveis da cetamina, tais como aumento da secreção brônquica, podem ser minorados com a administração de atropina; assim como, quadros dissociativos em crianças maiores, melhoram com a administração de benzodiazepínicos. Devido ao seu efeito simpaticomimético indireto, a cetamina usualmente apresenta resposta cardiovascular hiperdinâmica, mas pode ter efeito cardiodepressor direto em pacientes criticamente doentes, com depleção dos estoques de catecolaminas. Finalmente, a cetamina aumenta o fluxo

sanguíneo cerebral e deve ser utilizada com cautela nos pacientes com fatores de risco para hipertensão intracraniana (35).

O propofol intravenoso é um agente sedativo de ação curta que diminui a resistência das vias aéreas em pacientes com broncoobstrução, sendo recomendada uma dose de indução de (2 a 2,5mg / kg), seguida por uma infusão contínua entre (50-100mcg/kg/min) titulada para ser obter uma sedação adequada que facilite a ventilação pulmonar mecânica (69, 70). Pode ser usado em pacientes acima de 3 (três) anos, pois abaixo desta faixa etária ainda não está liberado para utilização, pelo FDA (Food and Drug Administration), devido ao risco de morte súbita. Deve-se vigiar a hemodinâmica, pois propofol pode causar depressão cardiocirculatória.

Grau de recomendação: B

BLOQUEADORES NEUROMUSCULARES

Recomendação: Os bloqueadores neuromusculares devem ser evitados ou, se absolutamente necessários, devem ser utilizados pelo menor tempo possível (62,35).

Comentários: Paralisia neuromuscular possibilita total acomodação do paciente à ventilação pulmonar mecânica e facilita o uso de estratégias ventilatórias recomendadas, limitando o risco de aprisionamento de ar, barotrauma e acúmulo de lactato (13,31); reduz também o consumo de oxigênio e a produção de dióxido de carbono.

Estudos demonstram aumento da incidência de miopatia aguda quando bloqueadores neuromusculares são utilizados na asma grave. A incidência de miopatia aumenta a cada dia de uso de relaxante muscular (13,62), principalmente quando associados a corticóides (13, 29, 30). A miopatia aguda, frequentemente tem um componente de rabdomiólise, com elevação dos níveis séricos de *creatinino kinase* (CK), porém esta pode estar normal a despeito de fraqueza muscular grave. Biopsia do músculo, usualmente evidencia necrose e a recuperação geralmente é completa, mas prolongada (35).

Bloqueadores neuromusculares não despolarizantes são usualmente utilizados. Vecuronio, pancuronio, cisatracurio são agentes seguros, para utilização tanto em *bolus*, como em infusão venosa contínua (36). Há uma preferência para o uso do cisatracurio, devido aos mínimos efeitos cardiovasculares, ausência de liberação de histamina e possibilidade de utilização em pacientes com disfunção hepática e renal. O uso intermitente reduz a miopatia, pois possibilita que entre as doses em *bolus*, haja utilização parcial da musculatura (37).

Grau de recomendação: B

AGENTES ANESTÉSICOS

Recomendação: Agentes anestésicos tem sido utilizados há mais de 5 (cinco) décadas no tratamento de asma refratária. O exato mecanismo broncodilatador não é claro. Halotano e Isoflurano têm sido utilizados com sucesso em crianças com asma grave submetidos à Ventilação Pulmonar Mecânica (VPM), não responsiva a terapêutica habitual. Halotano é utilizado numa concentração variável de 0,5% a 2% (meio a dois por cento).

Comentários: O uso apropriado, na Unidade de Terapia Intensiva, requer a presença do carro de anestesia ou vaporizador acoplado ao respirador e análise contínua das concentrações de vapores inspiratórios e expiratórios.

Efeitos adversos devem ser previstos. Halotano tem efeito inotrópico negativo, com depressão miocárdica direta, podendo induzir arritmias, especialmente na presença de hipoxemia, acidose, hipercarbica e quando utilizado junto com beta-agonistas ou aminofilina (35), também, pode ocorrer depressão da função mucociliar, aumento do fluxo sanguíneo cerebral e da pressão intracraniana, além de atenuação da vasoconstrição pulmonar hipoxica e sensibilização do miocárdio às catecolaminas. O isoflurano não tem efeito inotrópico negativo conhecido, mas pode causar hipotensão por vasodilatação e não causa arritmias (35, 36).

Os agentes anestésicos inalatórios tem sido utilizados com sucesso em crianças, nos caso de asma grave mantidos em ventilação pulmonar mecânica (VPM) e que não responderam à terapêutica convencional. Não parece haver diferença no efeito broncodilatador entre Halotano e Isoflurano, este último, pode ser um agente seguro para utilização nas crianças, com episódios de asma ameaçadores de vida. (35)

A utilização prolongada de alguns anestésicos inalatórios pode causar acúmulo de fluor, associado a nefrotoxicidade e Diabetis Insipidus Nefrogênico (35), devendo ser monitorada a função renal.

Grau de recomendação: B

CIRCULAÇÃO EXTRACORPÓREA

Recomendação: Pode ser utilizada como terapia de resgate, a indicação existe quando há falha nas terapêuticas habituais e alternativas; é contra-indicado em pacientes sob Ventilação Pulmonar Mecânica (VPM) por mais de 10 (dez) dias, doença irreversível e alterações maiores no SNC (39); continua sendo uma terapêutica experimental, cara e invasiva em crianças criticamente enfermas com asma grave refratária (35).

Grau de recomendação: C

Mistura hélio- Oxigênio (Heliox)

Recomendação: A mistura hélio–oxigênio (Heliox) diminui a pressão resistiva nas vias aéreas, por redução da turbulência do fluxo de ar. O uso dessa mistura nos pacientes com crise asmática em Ventilação Pulmonar Mecânica (VPM) foi estudado em um número pequeno de pacientes. Pode ser uma opção terapêutica nos casos graves, porém com o cuidado de aplicarem fórmulas de correção para obter adequados valores da fração inspirada de oxigênio (FIO_2) e do volume corrente (VC), pois estes diferem dos valores ajustados no respirador quando o Heliox é utilizado. (32,34)

Comentário: O Hélio é um gás inerte com baixo peso atômico, sua baixa densidade permite a passagem através dos espaços mais estreitos levando menos turbulência que o oxigênio e o nitrogênio (39), permitindo fluxo mais laminar (32), diminuindo a resistência nas vias aéreas (32), a pressão de pico inspiratória e o dióxido de carbono (CO_2) arterial (13,32), promovendo um trabalho pulmonar menos intenso em alguns pacientes (32), podendo reduzir o risco de barotrauma (32).

A mistura com o oxigênio é segura, mas para que ela mantenha características desejadas deve estar numa proporção, com no máximo 40% (quarenta por cento) de oxigênio, o que limita o uso quando há necessidade de elevadas frações de oxigênio. Está disponível, nas proporções (80/20), (70/30), (60/40), e para ser utilizado na Ventilação Pulmonar Mecânica (VPM), é necessário um cilindro de Hélio e um misturador.

Há insuficientes experiências para recomendar HELIOX no paciente com doença pulmonar grave (39). Devido ao seu elevado custo, baixa concentração de oxigênio e conflitantes resultados na literatura, torna-se uma terapêutica controversa, não recomendada para uso rotineiro (13).

Em pacientes selecionados, com exacerbação grave da crise de asma, o uso precoce nas primeiras 24(vinte e quatro) horas, da mistura Helio-Oxigênio pode reduzir a obstrução ao fluxo de ar, e facilitar as trocas gasosas (34, 36, 38).

Grau de recomendação: B

ÓXIDO NÍTRICO

Recomendação: Não há dados suficientes na literatura para recomendação do uso rotineiro de óxido nítrico na asma aguda grave.

Grau de recomendação: B

Comentários: O FDA (Food and Drug Administration) libera o óxido nítrico (NO), apenas, para neonatos a termo com hipoxemia associada à Hipertensão Pulmonar; apesar disso, o óxido nítrico (NO) vem sendo utilizado, pois tem como vantagem ser um vasodilatador pulmonar específico e pode ser diretamente aplicado na circulação pulmonar (32,39).

O efeito do óxido nítrico (NO) como broncodilatador em humanos tem sido desapontador. Altas concentrações de óxido nítrico (> 20.000 partes por bilhão) ocasionam aumento da resistência nas vias aéreas em indivíduos saudáveis. Em recém-nascidos, com doença pulmonar hipóxica grave, candidatos a oxigenação por membrana extra-corpórea (ECMO), pode ser tentado uso do óxido nítrico (32)

BRONCOSCOPIA

Recomendação: Tem sido sugerido o uso de broncoscopia para pacientes em estado de mal asmático com impactação de muco, para remoção de secreção. Porém, não há experiências suficientes para recomendação rotineira dessa alternativa terapêutica (13).

Comentário: Têm sido descritos benefícios do uso da broncoscopia com lavagem brônquica em crianças asmáticas com rolhas brônquicas maciças, ou com bronquite plástica. A utilização nos pacientes asmáticos em Ventilação Pulmonar Mecânica pode ser feita como medida heróica. Lavagem brônquica com solução salina e deoxyribonuclease humana recombinante pode ser realizada em crianças asmática, como terapia máxima (35,36). É importante, salientar que a realização de broncoscopia pode aumentar a hiperinsuflação e risco de pneumotórax (13). Portanto, para indicação deste procedimento, devem ser levados em consideração os riscos e os benefícios.

Grau de recomendação: C

Referências Bibliográficas:

1. Richards GN, Kolbe J, Fenwick J, Rea HH. Demographic characteristics of patients with severe life threatening asthma: Comparison with asthma deaths. *Thorax*. 1993; 48: 1105-1109.
2. Turner MO, Noertjojo K, Vedal S, Bai T, Crump S, Fitzgerald JM. Risk factors for near – fatal asthma. A case – Control study in hospitalized patients with asthma. *Am. J Respir Crit Care Med*. 1998; 157: 1804-1809.
3. Kearney SE, Graham DR, Atherton ST. Acute severe asthma treated by mechanical ventilation: A comparison of the changing characteristics over a 17yr period. *Respir Med*. 1998; 92: 716-721.
4. Manfreda J, Sears MR, Becklake MR, Chan-yeung M, Dimich-Ward H, Siersted HC, Ernst P, Sweet L, Van-Til L, Bowie DM, et al. Geographic and gender variability in the prevalence of bronchial responsiveness in Canada. *Chest*. 2004; 125: 1657-1664.
5. Pendergraff TB, Stanford RH, Beasley R, Stempel DA, Roberts C, Mc Laughling T. Rates and characteristics of intensive care unit admission and intubations among asthma – related hospitalization. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 2004; 93: 29-35.
6. Mc Cormick MC, Kass B, Elixhauser A, et al. Annual reports on access to and utilization of health care for children and youth in the United States – 1999. *Pediatrics*, 2000; 105: 219-230.
7. Roberts JS, Bratton SL, Brogen TV: Acute severe asthma: Differences in therapies and outcomes among pediatric intensive care units. *Crit Care Med*, 2002. 30: 581-585.
8. *Practical Guide for the diagnosis and management of asthma*. Nº 97 – 4063 – 1997. Bethesda, MD: National Institute of Health. US Department of Health and Human Services.
9. *Pocket Guide for Asthma Management and Prevention in Children*. Global iniciativer for asthma. National Institute of Health, 2003 p. 30. Available on-line at www.ginasthma.com (accessed October 9, 2004)
10. *Centers for Disease Control and Prevention: Morbidity and Mortality Weekly Reports*. MMWR SS (7): 185 – 2006.

11. Lora JS; Stewart LJ. Pediatric Asthma Primary Care: *Clinics in Office Practice* – vol 35 March, 2008.
12. Ashok P, Kshama M, Kathleen L, Mary W, Sabrina M. Pressure – Controlled ventilation in children with severe status asthmaticus. *Pediatric Crit Care Med*. Vol 5 February, 2004.
13. Stather DR, Stewart TE. Clinical Review: Mechanical ventilaton in severe asthma. *Crit Care*. September, 2005. 9 (6): 581-587.
14. National Heart, Lung and Blood Institute Guideliness for the Diagnosis and Management of Asthma, *Expert Panel Report 2. Publication nº 97 – 4051*. Bethesda: National Institute of Helth; 1997.
15. Montain RD, Sahn S, Clinical features and outcomes in patients with acute asthma presenting hypercapnia. *Am Rev Respir*. 1988; 138: 535-539.
16. Mc Fadden ER, Jr. Acute severe asthma. *Am J. Respir Crit Care Med*. 2003; 168 (7): 740-59.
17. Marini JJ. Partitioning the work–sparing effects of partial ventilatory support in airflow obstruction. *Crit Care*. 2004; 8(2): 101-2.
18. Darioli R, Perret C. Mechanical controlled hypoventilation in status asthmaticus. *Am. Rev Respir Dis*. 1984; 129-3: 385-387.
19. Hickling KG; Henderson SJ, Jackson R. Low mortality associated with low volume pressure limited ventilation with permissive hypercapenia in severe adult respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med* 1990; 16: 372-377.
20. Bellomo R; Mc Laughlin P; Tai E; et al: Asthma requiring mechanical ventilation: A low morbidity approach. *Chest* 1994; 105: 891-896.
21. Williams TJ; Tuxen DV, Scheinkestel CD, et al: Risck factors for morbidity in mechanically ventilated patients with acute severe asthma. *Am. Rev Respir Dis*. 1992; 146: 607-615.
22. Malmstrom K; Kaila M; Korhoner K; et al: Mechanical ventilation in children with severe asthma. *Pediatr Pulmonol*. 2001; 31: 405-411.
23. Shugg AW; Kerr S; But WW: Mechanical ventilation of paediatric patients with asthma: Short and long – term outcome. *J. Pediatr Child Health* 1990: 26: 343-346.
24. Cox RG, Barker GA, Bohn DJ: Efficacy, results, and complications of mechanical ventilation in children with status asthmaticus. *Pediatr Pulmonol* 1991; 11: 120-126.
25. Stein R, Canny GJ, Bohn DJ, et al: Severe acute asthma in a pediatric intensive care unit: Six years experience. *Pediatrics*. 1989; 83: 1023-1028.
26. Braman SS, Kaemmerlen JT: Intensive care of status asthmaticus: A 10 – year experience. *JAMA* 1990; 264: 366-368.
27. Luksza AR, Smith P, Coakley J, et al: Acute severe asthma treated by mechanical ventilation: 10 years experience from a district general hospital. *Thorax* 1986; 41: 459-463.
28. Higgins B, Greenining AP, Crompton GK: Assisted ventilation in severe acute asthma. *Thorax* 1986; 41: 464-467.
29. Leatherman JW, Fluegel WL, Davies SF, Iber C. Muscle weakness in mechanically ventilated patients with severe asthma. *Am. J Respir Crit Car Med*. 1996; 153: 1686-1690.
30. Behbehani NA, Al-Mane F, D'Yachkova Y, Pare P, Fitz Gerald JM. Miopathy following mechanical ventilation for acute severe asthma: The Role of muscle relaxants and corticosteroids. *Chest*. 1999; 115: 1627-1631.
31. Papiris S, Kotanidou A, Malagari K, Roussos C. Clinical review: Severe asthma. *Crit Care*. 2002; 6:30-44.
32. Gentile, MA. The Role of Inhaled Nitric Oxide and Heliox in the Management of Acute Respiratory Failure. *Respir Care Clin of North Am* (2006); 12: 489–500.

33. Conrad SA. Near-fatal pediatric asthma managed with pumpless arteriovenous carbon dioxide removal - *Critical Care Medicine* – Nov-2007;35(11) : 2654-9
34. Abd – Allah SA; Rogers MS; Terry M; Gross M; Perkin RM. Helium-oxygen therapy for pediatric acute severe asthma requiring mechanical ventilation. *Pediatric Critical Care Medicine* – Jul-2003;4(3):353-7
35. Werner HA. Status Asthmaticus in Children. A Review. *Chest* – 2001; 119(6): 1913-1929
36. Cohen NH. Status Asthmaticus. *Critical Care Clinics* – Jul-1997; 13(3):459-76
37. Spanolo SV. Status Asthmaticus and Hospital Management of Asthma. *Immunology and Allergy Clinics of North America* – Aug-2001; 21(3): 503-533
38. Gupta VK. Heliox administration in the pediatric intensive care unit: An evidence-based review. *Pediatric Critical Care Medicine* – Mar-2005; 6(2):204-11
39. Kisson N, Rimensberg P, Bohn D. Ventilation Strategies and Adjunctive Therapy in Severe Lung Disease. *Pediatr Clin N Am* 55 (2008) 709-733
40. Santanilla JI MD, Daniel B, Yeow M-E. Mechanical Ventilation. *Emerg Med Clin N. Am* 2008 (26): 849-862
41. Krishan V, Diette GB, Rand CS, et al. Mortality in patients hospitalized for Asthma exacerbations in United States. *Am. J Respir Crit Care Med.* 2006: 174 (6) 633-638.
42. Peterson GW, Baier H. Incidence of Pulmonary barotrauma in a Medical ICU. *Crit Care Med* 1983; 11(2):517- 519.
43. Ackeman VL; Eigen H.; Lower airway disease in *Pediatric Critical Care. Second Edition*, 1998, pp 472-476.
44. Mutlu GM, Factor P, Schwartz DE, et al: Severe status asthmaticus: Management with permissive hypercapnia and inhalation anesthesia. *Crit Care Medical* 2002; 30:477-480.
45. Lopez – Herce J, Gari M, Bustinza A, et al: To the editor: On pressure – controlled ventilation in severe asthma. *Pediatric Pulmonol* 1996; 21:401-403
46. Rotta AT, Steinhorn DM. Conventional mechanical ventilation in pediatrics. *J. Pediatr* 2007; 83 (2) 100 – 108.
47. Sabato K, Hanson J. Mechanical Ventilation for Children with Status Asthmaticus. *Resp Care Clin North Am* 2000: 6
48. Jain S, Hanania N, Guntupalli K. Ventilation of Patients with Asthma and Obstructive Lung Disease. *Critical Care Clinics.* 1998: 14.
49. Tuxen DV, Lane S. The Effects of Ventilatory Pattern on hyperinflation airway pressures, and circulation in mechanical ventilation of patients with severe air-flow obstruction. *Am. Rev Respir Dis* 1987; 136: 872-879.
50. Nicolai T. The physiological basis of respiratory support. *Paediatr Resp Rev.* 2006; 7(2):97-102
51. Phipps P. The Pulmonary physician in Critical Care. 12: Acute severe asthma in Intensive Care unit. *Thorax* 2003; 58 (1); 81-88.
52. Crain E, Gershel J. Emergency Care of Asthma. *Resp Care of North Am* 2000: 6, Issue 1
53. Caramez MP, Amato M, Borges JB; Tucci MR, et al. Paradoxical responses to positive end-expiratory pressure in patients with airway obstruction during controlled ventilation. *Crit Care Med* 2005; 33:1519-1528
54. Stewart TE, Slutsky AS. Occult, occult auto-PEEP in status asthmaticus. *Crit Care Med* 1996; 24:379-830 Full Text .

55. MacIntyre N, Branson R. Ventilator patient management with pulmonary mechanics monitoring. Irvine, CA: *Bicore Monitoring Systems*, 1993; III-6-III-7.
56. Leatherman JW; Mc Artthur C; Shapiro RS. Effect of prolongation of expiratory time on dynamic hyperinsufflation in mechanically ventilated patients with severe asthma. *Crit Care Med* - 2004; 32(7): 1542-1545
57. Mason: Murray & Nadel's Textbook of Respiratory Medicine, 4th ed. - 2005 - Saunders, An Imprint of Elsevier
58. Taussig: Pediatric Respiratory Medicine, 2nd ed. - 2008 - Mosby, An Imprint of Elsevier
59. Rogers: Textbook of Pediatric Intensive Care, 3rd Ed. – 1996- William and Wilkins
60. Hasan RA et al. Pressure-Controlled Ventilation. *Pediatr Crit Care Med* - 2004 Sep; 5(5); 501
61. Marunvanda S;Rotta AT. Mechanical ventilation Strategies in Children .*Pediatric Health*. 2008, 2(3), 301-314.
62. Nasser AB; Faisal AL-Mane; D'yachknova Y; Parê P; Fitz Gerald M. Miopathy Following Mechanical Ventilation for Acute Severe Asthma. *Chest*, 1999, 115(6): 1627-1631.
63. Barbas CS; Pinheiro BV. Ventilação Mecânica na Crise de Asma Aguda.III Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica. *J Brás Pneumol* 33(suplem2): 2007: 106-110.
64. Larrar S, Essouri S, Durand P, et al. The effects of nasal continuous positive airway pressure ventilation in infants with severe acute bronchiolitis. *Arch Pediatr* 2006; 13: 1397-1403.
65. Beers SL, Abramo TJ, Bracken A, et al. Bi-level positive airway pressure in the treatment of status asthmaticus in pediatrics. *Am J Emerg Med* 2007; 25(1):69.
66. Thill PJ, Macguire JK, Baden HP, et al. Noninvasive positive-pressure ventilation in children with low airway obstruction. *Pediatr Crit Care Med* 2004; 5: 337-342.
67. Hilbert G, Gruson D, Vargas F, et al. Noninvasive ventilation in immuno-suppressed patients with pulmonary infiltrates, fever, and acute respiratory failure. *N Engl J Med* 2001; 344: 481-487
68. Mehta S, Nava S. Mask ventilation and cardiogenic pulmonary edema: “another brick in the wall”. *Intensive Care Med* 2005; 31: 757-759.
69. Carvalho WB; Hirschheimer MR; Proença Filho JO; Freddi NA; Troster EJ. *Ventilação Pulmonar Mecânica em Pediatria e Neonatologia - segunda edição.*
70. Desmond B; Kisson NT. *Acute Asthma. Pediatric Crit Care Med.* 2001.
71. Bratton SL; Odetola FO; Mc Collegan J, et al. Regional Variation in ICU Care for Pediatric Patients with Asthma. *Journal of Pediatrics*, 2005.
72. Koh Y. Ventilatory Management in Patients with Chronic Airflow Obstruction. *Crit Care Clin.* 2007; (23) 169-181.
73. Koh Y. Indications for Noninvasive Positive-pressure Ventilation. *Int Anesthesiol Clin.* 2005; 43 (4): 109-111