

Noninvasive ventilation in children: a review

Ventilação não-invasiva em crianças: uma revisão

Lik Eng Loh¹, Yoke Hwee Chan², Irene Chan³

Resumo

Objetivo: Avaliar o uso de ventilação não-invasiva (VNI) em crianças e sua aplicação na insuficiência respiratória aguda e crônica.

Fontes dos dados: Busca de artigos pertinentes no Pubmed, base de dados Cochrane e Ovid MEDLINE entre 1950 e 2007, através do emprego dos termos pediatria, ventilação não-invasiva e pressão positiva nas vias aéreas.

Síntese dos dados: Há uma escassez de publicações acerca da VNI em pediatria. A maioria dos dados disponíveis diz respeito a relatos de caso ou pequenas séries de casos, com apenas alguns estudos randomizados pequenos.

Conclusão: Embora o uso de VNI seja cada vez mais reconhecido em pediatria, atualmente não existem ainda orientações gerais para o seu uso. Nos casos crônicos, seu uso foi eficaz no tratamento de apnéia obstrutiva do sono e na insuficiência respiratória secundária a afecções neuromusculares. Parece que o maior desafio é garantir a adesão ao tratamento e isso pode ser obtido através da instrução do paciente/cuidador, utilização de uma interface adequada, umidificadores aquecidos e minimização dos efeitos colaterais da VNI. Nos casos de insuficiência respiratória aguda, os dados disponíveis parecem indicar que se pode inferir o sucesso do tratamento pela rapidez na resposta terapêutica. Os pacientes submetidos à VNI devem ser monitorados cuidadosamente e essa modalidade de ventilação deve ser reconsiderada caso não haja resposta após algumas horas do início do tratamento.

J Pediatr (Rio J). 2007;83(2 Suppl):S91-99: Ventilação não-invasiva, crianças, insuficiência respiratória, pressão positiva nas vias aéreas.

Introdução

A ventilação não-invasiva (VNI) refere-se ao aporte de ventilação assistida sem o uso de tubos endotraqueais ou de traqueostomia. Pode ser realizada através de mecanismos com pressão negativa ou através de equipamentos que forneçam pressão positiva, contínua ou intermitentemente. Os

Abstract

Objective: To assess the use of noninvasive ventilation (NIV) in children and its application in the acute and chronic setting of pediatric respiratory failure.

Sources: Search of pertinent articles within Pubmed, Cochrane and Ovid MEDLINE databases from 1950 to 2007, using the keywords pediatrics, noninvasive ventilation and positive airway pressure.

Summary of the findings: There is a paucity of published data on pediatric NIV. The majority of the data available are case reports or small case series, with a number of small, randomized studies reported.

Conclusion: Although the use of NIV is increasingly recognized in pediatrics, there are currently still no generally accepted guidelines for its use. In the chronic setting, its use has mainly been proven in obstructive sleep apnea and respiratory failure secondary to neuromuscular disorders. It would appear that the major challenge is ensuring compliance, and this can be enforced by patient/caregiver education, use of a suitable interface, heated humidifiers and by minimizing the side effects of NIV. In the setting of acute respiratory failure, it would appear from available data that success is usually predicted by the rapidity of response. Patients placed on NIV should be monitored closely and this mode of ventilation should be reviewed if there is a lack of response within a few hours after commencement of therapy.

J Pediatr (Rio J). 2007;83(2 Suppl):S91-99: Noninvasive ventilation, children, respiratory failure, positive airway pressure.

equipamentos de pressão negativa, como o pulmão de aço, eram populares na década de 50 quando havia uma epidemia de poliomielite. Isso deu origem à ventilação mecânica invasiva nos anos 60.

Na década de 80, a VNI foi aceita como modalidade de tratamento em pacientes adultos com afecções pulmonares restritivas, especialmente na presença de hipoventilação,

1. MB, Bch, BAO, MRCPCH. Associate Consultant Intensivist, Children's Intensive Care Unit, KK Women's and Children's Hospital, Singapore.
2. MBBS, MMed, MRCP (UK). Consultant Intensivist, Children's Intensive Care Unit, KK Women's and Children's Hospital, Singapore.
3. MBBS, MMed, FAMS, FRCP (Edin), FRCPCH. Consultant Intensivist, iKids Pediatric Practice, Singapore.

Como citar este artigo: Loh LE, Chan YH, Chan I. Noninvasive ventilation in children: a review. *J Pediatr (Rio J)*. 2007;83(2 Suppl):S91-99. doi 10.2223/JPED.

disfunção pulmonar grave e apnéia do sono¹. Logo se tornou uma alternativa popular no tratamento de insuficiência respiratória aguda em adultos².

Seu uso na pediatria vem ganhando maior aceitação rapidamente^{3,4}. Nos anos 70, o uso de pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP) foi introduzido em recém-nascidos^{5,6}. A VNI hoje é usada comumente em crianças e este artigo revisa a utilização de suporte ventilatório não-invasivo de pressão positiva em lactentes e crianças com doença aguda ou crônica.

Tipos de VNI de pressão positiva

Pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP)

Nesta modalidade, uma pressão contínua é fornecida às vias aéreas inferiores através da faringe por diferentes tipos de interfaces, como prongas nasais, máscaras faciais ou câmara pressurizada em torno da cabeça (*head box*). O sistema de fluxo para crianças (*infant flow system*) emprega uma ação "fluídica" nas prongas nasais para ajudar a reduzir o trabalho respiratório. Na inspiração, há mistura de jatos, e o fluxo é direcionado para o bebê, enquanto que na exalação, o fluxo é direcionado para longe do paciente⁷. Em um estudo, um dispositivo tipo capacete foi usado para o suporte ventilatório de crianças com leucemia⁸. A pressão positiva é criada através de vários meios; o mais simples seria colocar o ramo expiratório sob uma coluna d'água (sistema de bolhas)⁹ ou usar ventiladores mecânicos ou dispositivos de VNI recomendados.

A CPAP melhora a oxigenação e reduz o trabalho respiratório, pois alivia a fadiga dos músculos inspiratórios. Evita colapso alveolar, pois fornece uma pressão contínua de distensão.

Pressão positiva nas vias aéreas com dois níveis pressóricos (BiPAP)

Este tipo de VNI fornece suporte respiratório em dois níveis: pressão inspiratória nas vias aéreas (IPAP) e CPAP ou pressões expiratórias finais (menos freqüentemente, volumes correntes preestabelecidos podem ser almejados). A terminologia acerca dos vários dispositivos de VNI pode ser diferente, mas basicamente, esses dispositivos podem fornecer total suporte a um paciente com taxas e pressões determinadas.

Na modalidade assistida espontânea (suporte pressórico), o paciente precisa deflagrar a respiração através do sensor ou "gatilho" (*trigger*) de fluxo. É importante avaliar a adequação desses dispositivos nas crianças, já que as mudanças no fluxo ou pressão criada pela criança pequena podem não ser suficientes para acionar tais equipamentos. O modo cronometrado/espontâneo fornece uma combinação de suporte para respiração espontânea, bem como ventila-

ção de *backup* caso a respiração espontânea seja menor que a taxa de *backup*. Em tal modalidade, o suporte fornecido ao paciente seria maior que na CPAP.

Vantagens e desvantagens da VNI

A VNI fornece suporte respiratório sem intubação, minimizando assim a ocorrência de infecções hospitalares, tais como sinusite e pneumonia¹⁰. Os pacientes podem falar, comer ou beber enquanto estiverem sob a VNI. O uso da VNI também reduz a necessidade de sedação, que é necessária na maioria dos pacientes intubados.

O uso de prongas nasais pode causar escoriações ao redor do nariz, e se a máscara estiver mal colocada, podem haver vazamentos de ar ao redor da boca, causando ventilação inadequada e irritação nos olhos. Pode ocorrer ressecamento nasal devido a fluxos de ar intensos, provocando secreções espessas. Ainda pode ocorrer aerofagia com distensão gástrica, e se isso for grave, poderá causar diminuição da mobilidade diafragmática, e pode-se precisar de um tubo de deflação gástrica. A ventilação com pressão positiva pode provocar barotrauma e síndromes de escape de ar.

O uso da VNI requer conhecimentos específicos para melhores resultados, conforme enfatizado pela Sociedade Torácica Britânica¹¹. O tamanho correto da pronga ou da máscara e o posicionamento correto para evitar flexão extensiva ou extensão são importantes para que a ventilação seja eficaz. Interfaces diferentes, como máscara facial ou prongas nasais, precisam ser presas adequadamente ao rosto do paciente. Recentemente, dispositivos tipo capacete estão sendo usados, especialmente em crianças mais velhas, a fim de melhorar a adesão do paciente ao tratamento e sua aceitação^{8,12}. As máscaras devem ser confeccionadas com material que permita alívio da pressão a fim de minimizar ferimentos ao redor do rosto, e existem máscaras que podem ser moldadas ao rosto a fim de reduzir vazamentos.

Em uma revisão realizada por Paoli et al.¹³, usando a base de dados Cochrane, foi observada uma redução significativa na taxa respiratória e na necessidade de oxigênio em lactentes prematuros que utilizaram prongas binasais curtas comparados àqueles que usaram apenas uma pronga ou então prongas nasofaríngeas compridas. Portanto, pode ser melhor usar prongas nasais curtas para a VNI em bebês pequenos. Em alguns dispositivos de VNI, um único tubo de inspiração fornece as pressões preestabelecidas, e é necessário ter válvulas expiratórias ao redor da máscara ou do tubo para permitir a exalação e reduzir vazamentos de ar e reinalação do dióxido de carbono.

As contra-indicações quanto ao uso de VNI incluem anormalidades faciais ou das vias aéreas congênitas, impedindo o uso de uma máscara ou prongas justas demais, instabilidade

cardiopulmonar grave, incapacidade de proteger uma via aérea, e episódios apnéicos intratáveis. Também pode não ser possível usar a VNI em pacientes com trauma ou queimadura faciais, ou em pacientes com cirurgia recente do trato gastrointestinal superior no caso de distensão gástrica.

Aplicação da VNI em casos crônicos

O suporte ventilatório caseiro em crianças, especialmente através do uso de ventilação não-invasiva de pressão positiva, aumentou consideravelmente nos últimos anos. As indicações para ventilação não-invasiva de longa duração em crianças incluem uma variedade de doenças obstrutivas e restritivas das vias aéreas, bem como a síndrome da hipoventilação central. As duas indicações mais comuns nas crianças são apnéia obstrutiva do sono e insuficiência respiratória devido a doenças neuromusculares¹⁴. Essa técnica demonstrou melhorar a gasometria arterial, sobrevida e provavelmente a qualidade de vida naqueles pacientes que necessitam de VNI por longos períodos. Há relatos de que a VNI noturna de longa duração é bem tolerada em crianças com uma série de problemas^{15,16}. O consenso para ventilação mecânica fora da UTI em adultos propôs o uso de VNI prolongada na insuficiência respiratória cronicamente estável ou lentamente progressiva com significativa retenção diurna de CO_2 , ou hipercarbia leve com hipoventilação noturna sintomática, ou hipoventilação noturna importante¹⁷. Atualmente, não existem orientações amplamente aceitas para o uso prolongado da VNI em crianças. A grande maioria dos estudos é realizada com adultos e as séries de caso constituem a principal fonte de evidências em crianças.

Doença pulmonar restritiva

O uso da VNI começou com a doença pulmonar restritiva, especialmente durante a epidemia de poliomielite. A maioria das doenças pulmonares restritivas em pediatria é secundária a afecções neuromusculares. Enquanto que os defeitos genéticos de muitas afecções neuromusculares que afetam as crianças estão sendo identificados e até que a terapia genética esteja disponível, muitas delas sucumbem prematuramente à insuficiência respiratória. A insuficiência respiratória resulta inicialmente de infecções torácicas recorrentes causadas por atelectasia, a qual progride para hipoventilação noturna a partir da fraqueza muscular e da sensibilidade reduzida ao dióxido de carbono durante o sono. Problemas respiratórios relacionados ao sono – hipoventilação noturna¹⁸⁻²¹ e apnéia obstrutiva do sono¹⁹ são bem documentados em crianças com doenças neuromusculares. Distúrbios relacionados ao sono não tratados podem levar ao desenvolvimento de insuficiência respiratória através de controle ventilatório inadequado, resultante da adaptação e regulação descendente das respostas ventilatórias à hipoxemia e à hipercarbia²².

Há hipóteses de que a VNI age através de vários mecanismos no pulmão com doença crônica: 1) melhora a mecânica ventilatória; 2) alivia a fadiga dos músculos respiratórios; ou 3) aumenta a sensibilidade ventilatória ao dióxido de carbono^{22,23}. Estudos com um grupo misto de pacientes com doenças neuromusculares mostraram que a VNI melhorou a gasometria diurna^{16,24,25} e a resposta ventilatória ao CO_2 , mas não melhorou a mecânica pulmonar ou a força dos músculos respiratórios^{24,25}.

Duiverman, em uma revisão retrospectiva com 114 pacientes adultos com doenças pulmonares restritivas (principalmente pós-poliomielite e idiopática), demonstrou que a VNI melhorou a gasometria diurna e a função pulmonar²⁶.

Os resultados discrepantes em relação à função pulmonar podem ser por causa das diferenças na progressão natural das doenças estudadas. Seu uso, em um pequeno estudo com crianças com doenças neuromusculares, foi associado a baixas taxas de hospitalização após o início da VNI¹⁸. O uso da VNI também foi eficaz na melhora dos índices de polissonografia (PSG) bem como na arquitetura do sono e sintomas relacionados ao sono^{20,21,25}.

Portanto, a VNI deve ser considerada em pacientes com evidências de hipoventilação noturna. O Relatório da Conferência de Consenso de 1999²⁷ havia sugerido o uso da ventilação não-invasiva de pressão positiva para doenças pulmonares restritivas na presença de sintomas (cansaço, dispnéia, cefaléia matinal, etc) juntamente com um dos seguintes parâmetros: $\text{PaCO}_2 \geq 45$ mmHg, oximetria noturna mostrando saturação de oxigênio $\leq 88\%$ por 5 minutos consecutivos; ou doença neuromuscular progressiva, pressões inspiratórias máximas < 60 cm/ H_2O ou CVF $< 50\%$ do predito.

Em um estudo sobre distrofia muscular de Duchenne, Craig et al. encontraram uma VEF1 $< 40\%$ do predito e uma $\text{PaCO}_2 \geq 45$ mmHg, indicadores sensíveis de hipoventilação durante o sono. Eles recomendaram o uso de gasometria arterial em pacientes com VEF1 $< 40\%$ do predito associado a $\text{PaCO}_2 \geq 45$ mmHg, como parâmetros para o início da VNI²⁸.

Na população pediátrica, os testes de função pulmonar podem ser de difícil realização. Então, a suspeita clínica de hipoventilação durante o sono e a polissonografia precoce seriam importantes para a identificação de crianças com necessidade de VNI.

Apnéia obstrutiva do sono

A apnéia obstrutiva do sono (AOS) é uma doença reconhecida em ascensão, ocorrendo geralmente em crianças hígdas, apresentando uma prevalência de aproximadamente 2%²⁹. Em crianças com fatores de risco, tais como síndrome de Down, a prevalência de respiração anormal durante o sono pode chegar a 80%. Em crianças saudáveis, a AOS está nor-

malmente relacionada à hipertrofia adenotonsilar e o tratamento de primeira linha recomendado seria a remoção cirúrgica dos tecidos adenotonsilares.

As crianças com deformidades craniofaciais ou problemas neurológicos tais como síndrome de Down, seqüência de Pierre-Robin e paralisia cerebral podem apresentar predisposição à AOS. Nesse grupo de pacientes onde os procedimentos cirúrgicos/ortodônticos não são possíveis e no grupo de crianças saudáveis em que a melhora clínica não é evidente, apesar da adenoamigdalectomia, a VNI com CPAP nasal é a principal opção de tratamento atualmente³⁰. Serve também como uma medida provisória em lactentes com AOS, permitindo seu crescimento até que a correção cirúrgica seja possível³¹.

As crianças com AOS apresentam perviedade anormal das vias aéreas superiores durante o sono. As anormalidades na colapsibilidade das vias aéreas superiores, área transversal e atividade do músculo genioglosso foram evidenciadas nessa doença. A CPAP ajuda a manter a perviedade das vias aéreas, fornecendo um fluxo de ar contínuo a fim de prevenir o colapso das vias aéreas superiores e permitir a normalização da atividade do músculo genioglosso³².

No tratamento de AOS, deve-se levar em conta a existência de morbidades cardiovasculares, comportamentais e cognitivas associadas³³⁻³⁷. Foi comprovado que o uso de CPAP na AOS melhora a memória³⁸, reduz as pressões pulmonares³⁹ e diminui a hipertensão e outros fatores de risco cardiovasculares⁴⁰.

Marcus et al. demonstraram que tanto a CPAP como a BiPAP são altamente eficazes na AOS pediátrica⁴¹. Todavia, esse estudo também revelou uma alta taxa de desistência, de um terço após 6 meses do início do tratamento, sem nenhuma diferença na adesão entre a CPAP e a BiPAP. Massa relatou uma taxa de sucesso maior com o uso de CPAP, equivalente a 86% em um grupo de pacientes mais jovens com AOS em uso de aclimação caseira como método para "atrair" pacientes que, de outra forma, teriam problemas com baixa adesão³⁰.

Aplicação da VNI em casos agudos

Embora comprovada primeiramente em doenças como exacerbações agudas de doença pulmonar obstrutiva crônica⁴²⁻⁴⁵, edema pulmonar cardiogênico agudo⁴⁶⁻⁴⁸ e insuficiência respiratória pós-operatória^{49,50}, o uso da VNI na insuficiência respiratória aguda também foi descrita em pacientes imunodeprimidos^{51,52}, com pneumonia⁵³, com interrupção ou falha na extubação⁵⁴ e com asma⁵⁵, com diferentes graus de sucesso.

Faltam, entretanto, dados em crianças. A maior série de pacientes pediátricos com insuficiência respiratória aguda

tratados com VNI até o momento foi descrita recentemente por Essouri et al.⁵⁶. Eles realizaram um estudo de coorte retrospectivo durante um período de 5 anos com 114 pacientes que foram incluídos em cinco categorias diferentes. O sucesso no uso da VNI em sua população de pacientes dependeu muito da causa da insuficiência respiratória e da gravidade da doença, conforme refletido pelos escores do risco pediátrico de mortalidade (PRISM) e do escore de gravidade PELOD (*pediatric logistic organ dysfunction*) no 1º dia. Isso não é inesperado, pois dados em adultos mostraram que a seleção de pacientes é importante no uso bem-sucedido da VNI⁵⁷.

Síndrome do desconforto respiratório

Com o advento da ventilação mecânica, a sobrevida de lactentes prematuros melhorou, embora apresente alta morbidade na forma de displasia broncopulmonar (DBP). O interesse foi então desviado para uma modalidade de ventilação "mais leve", que causaria menos volutrauma e barotrauma. O primeiro relato sobre o uso de VNI nesse subgrupo de pacientes ocorreu há mais de 30 anos atrás quando Gregory et al.⁵ descreveram o uso de CPAP para o tratamento de doença da membrana hialina (DMH). Fisiologicamente, ela estabelece e mantém a capacidade residual funcional, diminui a resistência das vias aéreas superiores, insufla os alvéolos colapsados e promove o recrutamento alveolar progressivo, reduzindo assim o *shunt* intrapulmonar^{58,59}. Desde então, sua aceitação e uso se difundiram consideravelmente. Sua utilização na DMH moderada a grave na técnica INSURE (intubação; surfactante; rápida extubação) mostrou uma redução na necessidade de ventilação mecânica⁶⁰.

Nos países em desenvolvimento ou terceiro-mundistas, onde os recursos são escassos e são distribuídos de modo que "sobrevive quem for mais apto", a CPAP pode ser uma alternativa viável de ventilação em bebês com extremo baixo peso ao nascer, sendo relativamente barata e de fácil execução. Um estudo feito na África do Sul⁶¹ mostrou uma sobrevida de curto prazo significativa, com tendência a uma sobrevida de longo prazo nesse subgrupo de lactentes tratados com CPAP.

Mais recentemente, tem havido interesse no uso da ventilação nasal com pressão positiva intermitente (VNPPI). Teoricamente, ela oferece vantagens em relação à CPAP, melhorando os volumes corrente e minuto, bem como estimulando o impulso respiratório. Um pequeno estudo mostrou melhora no trabalho respiratório em comparação à CPAP nasal⁶². Alguns estudos randomizados pequenos⁶³ e outro estudo de caso-controle retrospectivo revelaram uma necessidade significativamente menor de oxigênio suplementar e menor incidência de DBP⁶⁴. Evidentemente, há a necessidade de estudos randomizados maiores para confirmar esses achados preliminares.

Apnéia da prematuridade

O manejo clínico da apnéia da prematuridade (ADP) não mudou nos últimos anos, compreendendo métodos farmacológicos e não-farmacológicos. As metilxantinas e a cafeína são os fármacos mais comumente utilizados. A CPAP nasal e mais recentemente a VNPPi também encontram-se bem estabelecidas no tratamento da ADP^{65,66}. Infelizmente, nenhum estudo randomizado foi realizado para comparar o tratamento farmacológico com o não-farmacológico da ADP.

Obstrução das vias aéreas inferiores

A asma e a bronquiolite são as causas mais comuns de hospitalizações entre recém-nascidos e crianças. O manejo tem como objetivo principal aliviar a broncoconstrição, inflamação das vias aéreas, edema e secreções. Uma pequena minoria de pacientes não responde ao tratamento medicamentoso e necessita de intubação e ventilação mecânica. Isso está associado à morbidade significativa causada por barotrauma, instabilidade hemodinâmica, infecções e aumento no tempo de internação⁶⁷⁻⁶⁹. A VNI nesses pacientes é, portanto, importante para eliminar essas complicações indesejáveis.

Relatos de casos iniciais mostraram um desfecho favorável com o uso de VNI em asma pediátrica e isso foi recentemente confirmado por dois estudos maiores. Thill et al.⁷⁰ relataram 20 crianças com idades entre 2 meses e 14 anos com obstrução aguda das vias aéreas inferiores. Essas crianças foram escolhidas aleatoriamente para receber 2 horas de ventilação não-invasiva com pressão positiva seguida de 2 horas de terapia convencional (grupo 1) ou 2 horas de terapia convencional à base de oxigênio suplementar de alto fluxo, β_2 agonista inalatório e corticosteróides endovenosos seguida de 2 horas de ventilação não-invasiva com pressão positiva (grupo 2). Eles descobriram que as crianças que receberam VNI apresentaram uma taxa respiratória significativamente menor e um escore clínico de asma mais baixo, bem como escores menores para casa um dos componentes individuais do escore de asma (uso do músculo acessório, sibilância e dispnéia). Em contrapartida, essa melhora desapareceu após o início da terapia convencional no grupo 1 e foi apenas observada quando a VNI foi iniciada no grupo 2.

Beers et al.⁷¹ realizaram uma revisão retrospectiva de 73 pacientes com idades entre 2 e 17 anos atendidas no setor de emergência com diagnóstico de estado asmático e tratadas com BiPAP. Eles perceberam que 77% desses pacientes apresentaram melhora na sua taxa respiratória e que 88% melhoraram a saturação de oxigênio. Embora todos os 73 pacientes estivessem inicialmente destinados para tratamento na unidade de tratamento intensivo (UTI), apenas 57 (78%) foram encaminhados para a UTI, enquanto os outros 16 melhoraram o suficiente para serem encaminhados às alas comuns. Dos 57

pacientes admitidos na UTI, apenas dois necessitaram de intubação e de ventilação mecânica.

A hipótese foi de que a BiPAP aliviou a fadiga dos músculos respiratórios e evitou a necessidade de pressão expiratória final positiva (PEEP). A pressão positiva gerada também exerceu um efeito broncodilatador direto, com o recrutamento das vias aéreas menores e dos alvéolos colapsados, melhorando assim a assincronia entre ventilação e perfusão.

Esses estudos preliminares são promissores, mas há a necessidade de estudos prospectivos, randomizados maiores para determinar a segurança e eficácia do uso de VNI em asma.

Obstrução das vias aéreas superiores

O uso da VNI na obstrução aguda das vias aéreas superiores em pediatria não foi ainda explorado amplamente pela literatura.

Em uma série com 34 pacientes cuja insuficiência respiratória foi tratada com BiPAP, Padman et al.⁷² relataram três pacientes com obstrução das vias aéreas superiores, um com estridor pós-extubação e dois com infecções do trato respiratório superior. Todos os três responderam à BiPAP com melhora na taxa respiratória, frequência cardíaca e saturação do oxigênio, e o escore de dispnéia melhorou no mínimo 2 desvios padrão. Nenhum dos casos necessitou de intubação.

Essouri et al.⁷³ relataram uma série de 10 lactentes com obstrução grave das vias aéreas superiores secundária à laringomalácia (n = 5), traqueomalácia (n = 3), hipoplasia traqueal (n = 1) e seqüência de Pierre-Robin (n = 1). Todos os 10 pacientes foram alocados aleatoriamente para o grupo BiPAP ou grupo CPAP, e todos apresentaram uma redução significativa no esforço respiratório, bem como uma queda nas pressões esofágica e transdiafragmática. Contudo, os pacientes do grupo BiPAP apresentaram assincronia entre paciente e ventilador. Isso provavelmente não era esperado, pois os pacientes eram jovens, com mediana de idade de 9,5 meses, e o *trigger* de fluxo nos aparelhos de BiPAP talvez não tenha sido sensível o suficiente para as suas necessidades. Além disso, apenas a CPAP teria sido suficiente para desobstruir as vias aéreas sem a necessidade de aumentar o esforço respiratório.

Pneumonia

Estudos com adultos não mostraram um argumento convincente a favor da VNI nos quadros de pneumonia adquirida na comunidade⁵³. Os estudos pediátricos existentes podem ser mais promissores. Fortenberry et al.⁷⁴ relataram uma série de 28 pacientes com insuficiência respiratória aguda, onde o diagnóstico primário mais comum foi o de pneumonia. O uso da BiPAP nessa série de pacientes mostrou melhora da taxa respiratória, oxigenação, depuração do dióxido de car-

bono, e saturações por oximetria de pulso. Todavia, foi observado que mais de 30% dos pacientes apresentavam um estado neuromuscular ou imunodeprimido subjacente onde o uso da VNI é mais corroborado.

Padman et al.⁷² tiveram 13 pacientes dessa série de 34, com o diagnóstico de pneumonia e o uso da BiPAP mostrou melhora na taxa respiratória, frequência cardíaca, escore de dispnéia, e oxigenação em todos os pacientes.

Essouri et al.⁵⁶ tiveram a maior série de pacientes pediátricos com pneumonia adquirida na comunidade tratados com BiPAP (23/114). A BiPAP obteve êxito em 87% desses pacientes com uma melhora significativa na taxa respiratória e depuração de dióxido de carbono no período de 2 horas após o início da VNI.

Síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA)

A VNI não demonstrou ser útil na SDRA em adultos⁷⁵ e pode ser controverso, pois pode retardar a intubação. Novamente, existe uma escassez de dados em pediatria.

No estudo de Essouri⁵⁶, a taxa de sucesso da VNI em seu grupo de pacientes com diagnóstico de SDRA (n = 9) foi um pouco decepcionante. A definição da SDRA foi baseada no Consenso Americano-Europeu sobre SDRA e a VNI foi iniciada nos pacientes menos graves ($PaO_2/FiO_2 > 150$), já que os pacientes mais graves eram sistematicamente intubados e submetidos à ventilação mecânica. Mesmo assim, 78% desses pacientes não responderam à VNI e precisaram ser intubados, ocorrendo óbito em dois casos. A análise multivariada em seu estudo demonstrou que o diagnóstico de SDRA foi um preditor independente da falta de resposta à VNI.

Parece prudente não retardar a intubação definitiva e a ventilação mecânica nesse subgrupo de pacientes, em particular, para um teste com a VNI, já que os resultados tanto em adultos como em crianças foram insatisfatórios até agora.

Insuficiência respiratória pós-extubação/ remoção gradual do tubo traqueal

Em estudos preliminares com adultos, o uso da VNI na insuficiência respiratória pós-extubação mostrou resultados mistos. Entretanto, um ensaio multicêntrico abrangente⁷⁶ não mostrou nenhum benefício, e ainda mostrou uma taxa de mortalidade significativamente maior no grupo tratado com VNI. O intervalo de tempo entre o desenvolvimento da insuficiência respiratória e a reintubação também foi significativamente maior no grupo tratado com VNI em comparação ao grupo controle. Parece que o reconhecimento tardio da falha terapêutica da VNI nesse grupo de pacientes contribuiu para os resultados acima. Os pacientes desse estudo em particular também foram não-selecionados e os autores perceberam que a seleção cuidadosa de pacientes (ex: insuficiência respiratória hipercárbica) poderia obter benefícios da VNI.

Em pediatria, Bernet et al.⁷⁷ relataram que de uma série de 11 pacientes que foram extubados e submetidos à VNI após cirurgia cardíaca. Sete responderam bem à VNI (64%) e quatro precisaram ser reintubados. No entanto, não ficou claro no relato – mas seria uma informação muito importante – se os pacientes foram submetidos à CPAP ou BiPAP.

No estudo de Essouri⁵⁶, a insuficiência respiratória após a extubação (n = 61) constituiu o maior grupo e é a série mais abrangente já relatada. Um grande número de pacientes (n = 33) era pós-transplantado hepático. A taxa de sucesso da VNI nesse grupo de pacientes foi de 67%, dos quais 33% necessitaram de reintubação. Sete dos 61 (11%) que precisaram ser reintubados evoluíram para óbito, embora nenhuma das mortes tenha sido atribuída ao uso da BiPAP ou à reintubação tardia.

Embora tenha sido demonstrado em adultos que a necessidade de reintubação após falha da extubação está associada a um desfecho pior e a uma alta taxa de mortalidade^{78,79}, isso não foi demonstrado em crianças.

Pacientes imunodeprimidos

A insuficiência respiratória aguda é comumente observada nesse grupo de pacientes, sendo causada por infecções, por doença pulmonar primária, ou até mesmo por edema pulmonar cardiogênico pós-quimioterapia. Alguns estudos com adultos e com pacientes pediátricos relataram um desfecho insatisfatório e uma taxa de mortalidade muito alta em pacientes imunodeprimidos com necessidade de ventilação mecânica^{80,81}.

A VNI é interessante por evitar as complicações infecciosas e de sangramento causadas pela ventilação invasiva nesses pacientes que normalmente apresentam neutropenia e plaquetopenia.

Existem alguns relatos de caso pediátricos⁸²⁻⁸⁴ sobre o uso bem sucedido da VNI em doenças hematológicas malignas e insuficiência respiratória aguda.

O estudo de Essouri⁵⁶ relatou 12 pacientes oncológicos com insuficiência respiratória tratados com VNI. A taxa de sucesso chegou a 92% e apenas um paciente necessitou de intubação.

Essa alta taxa de sucesso pode ser atribuída ao fato de que houve grande cuidado na detecção de infecção e desconforto respiratório nesse grupo de pacientes, e o tratamento foi instituído precoce e agressivamente, melhorando assim o desfecho.

Conclusão

O uso de VNI encontra-se bem estabelecido em adultos e seu uso em crianças é altamente reconhecido nos quadros agudos e crônicos.

A VNI noturna tem sido útil, especialmente nos casos de respiração anormal durante o sono. O maior desafio para seu uso em crianças como modalidade de ventilação caseira é a adesão ao tratamento. Isso pode ser melhorado através da instrução do paciente/cuidador, escolha apropriada de uma interface, uso de umidificadores aquecidos e minimizando-se os efeitos colaterais da VNI.

Embora os grupos de pacientes pediátricos que possam se beneficiar com a VNI ainda não estejam bem definidos no desconforto respiratório agudo, estudos mais abrangentes mostram que o sucesso pode ser estimado pela rapidez na resposta terapêutica.

Essouri et al.⁵⁶ observaram que houve uma melhora no padrão de respiração e de troca gasosa 2 horas após o início da VNI no grupo em que a VNI foi bem sucedida. Bernet et al.⁷⁷ notaram que houve uma diferença significativa nas necessidades de oxigênio no grupo que respondeu ao tratamento em comparação ao grupo que não respondeu após 1 hora de VNI. Esses achados também foram encontrados em estudos com adultos⁸⁴. Caples et al.⁵⁷ concluíram que os “preditores de sucesso incluem idade mais baixa, consciência normal, hipercarbida moderada ao invés de grave e acidemia, e resposta fisiológica imediata – melhora na frequência cardíaca e na taxa respiratória e na troca gasosa dentro de 2 horas”.

Em termos práticos, devemos, portanto, monitorar cuidadosamente os pacientes em VNI, e a manutenção dessa modalidade de ventilação no desconforto respiratório agudo deve ser revista se houver falta de resposta algumas horas depois do início do tratamento.

Referências

- Ellis ER, Bye PT, Bruderer JW, Sullivan CE. Treatment of respiratory failure during sleep in patients with neuromuscular disease: positive pressure ventilation through a nose mask. *Am Rev Respir Dis.* 1987;135:523-4.
- Meduri GU, Conoscenti CC, Menashe P, Nair S. Noninvasive face mask ventilation in patients with acute respiratory failure. *Chest.* 1989;95:865-70.
- D Millar, H Kirpalani. Benefits of noninvasive ventilation. *Indian Pediatrics.* 2004;41:1008-17.
- Elliott MW, Ambrosino N. Noninvasive ventilation in children. *Eur Respir J.* 2002;20:1332-42.
- Gregory GA, Kitterman JA, Phibbs RH, Tooley WH, Hamilton WK. Treatment of the idiopathic respiratory distress syndrome with continuous positive airway pressure. *N Engl J Med.* 1971;284:1333-40.
- Wung JT, Driscoll JM Jr., Epstein RA, Hyman AI. A new device for CPAP by nasal route. *Crit Care Med.* 1975;3:76-8.
- Moa G, Nilsson K, Zetterstrom H, Jonsson LO. A new device for administration of nasal continuous positive airway pressure in the newborn: an experimental study. *Crit Care Med.* 1988;16:1238-42.
- Piastra M, Antonelli M, Chiaretti A, Polidori G, Polidori L, Conti G. Treatment of acute respiratory failure by helmet-delivered non-invasive pressure support in children with acute leukemia. *Intensive Care Med.* 2004;30:472-6.
- Lee KS, Dunn MS, Fenwick M, Shennan AT. A comparison of underwater bubble continuous positive airway pressure with ventilator-derived continuous positive airway pressure in premature babies ready for extubation. *Biol Neonate.* 1998;73:69-75.
- Girou E, Schortgen F, Delclaux C, Brun-Buisson C, Blot F, Lefort Y, et al. Association of noninvasive ventilation with nosocomial infections and survival in critically ill patients. *JAMA.* 2002;284:2361-7.
- British Thoracic Society of Care Committee. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Thorax.* 2002;57:192-211.
- Piastra M, Antonelli M, Caresta E, Chiaretti A, Polidori G, Conti G. Non-invasive ventilation in childhood acute neuromuscular respiratory failure: a pilot study. *Respiration.* 2006;73:791-8.
- De Paoli AG, Davis PG, Faber B, Morley CJ. Devices and pressure sources for administration of nasal continuous positive airway pressure (NCPAP) in preterm neonates. *Cochrane Database Syst Rev.* 2002;(4):CD002977.
- Fauroux B, Boffa C, Desguerre I, Estournet B, Trang H. Long-term noninvasive mechanical ventilation for children at home: a national survey. *Pediatr Pulmonol.* 2003;35:119-25.
- Teague WG. Pediatric application of noninvasive ventilation. *Respir Care.* 1997;42:85-102.
- Simonds AK, Ward S, Heather S, Bush A, Muntoni F. Outcome of pediatric domiciliary mask ventilation in neuromuscular and skeletal disease. *Eur Respir J.* 2000;16:476-81.
- Make BJ, Hill NS, Goldbery AI, Bach JR, Dunne PE, Heffner JE, et al. Mechanical ventilation beyond the intensive care unit. Report of a consensus conference of the American College of Chest Physicians. *Chest.* 1998;113(5 Suppl):289S-344.
- Katz S, Selvadurai H, Keilty K, Mitchell M, MacLusky I. Outcome of non-invasive positive pressure ventilation in pediatric neuromuscular disease. *Arch Dis Child.* 2004;89:121-4.
- Khan Y, Heckmatt JZ, Dubowitz V. Sleep studies and supportive ventilatory treatment in patients with congenital muscular disorders. *Arch Dis Child.* 1996;74:195-200.
- Suresh S, Wales P, Dakin C, Harris MA, Cooper DG. Sleep-related breathing disorder in Duchenne muscular dystrophy: disease spectrum in the pediatric population. *J Paediatr Child Health.* 2005;41:500-3.
- Mellies U, Dohna-Schwake C, Stehling F, Voit T. Sleep disordered breathing in spinal muscular atrophy. *Neuromuscul Disord.* 2004;14:797-803.
- Hill N. Noninvasive ventilation: does it work, for whom, and how? *Am Rev Respir Dis.* 1993;147:1050-5.
- Kramer N, Hill N, Millman R. Assessment and treatment of sleep-disordered breathing in neuromuscular disease and chest wall diseases. *Top Pulm Med.* 1996;3:336-42.
- Annane D, Quera-Salva MA, Lofaso F, Vercken JB, Lesieur O, Fromageot C, et al. Mechanisms underlying the effects of nocturnal ventilation on daytime blood gases in neuromuscular disease. *Eur Respir J.* 1999;13:157-62.
- Barbe F, Quera-Salva MA, de Lattre J, Gajdos P, Agusti AG. Long-term effects of nasal intermittent positive-pressure ventilation on pulmonary function and sleep architecture in patients with neuromuscular diseases. *Chest.* 1996;110:1179-83.

26. Duiverman ML, Bladder G, Meinesz AF, Wijkstra PJ. Home mechanical ventilatory support in patients with restrictive ventilatory disorders: A 48-year experience. *Resp Med.* 2006;100:56-65.
27. Clinical indications for noninvasive positive pressure ventilation in chronic respiratory failure due to restrictive lung disease, COPD, and nocturnal hypoventilation – a consensus conference report. *Chest.* 1999;116:521-34.
28. Craig AH, Hillman DR. Daytime predictors of sleep hypoventilation in Duchenne muscular dystrophy. *Am J Respir Crit Care Med.* 2000;161:166-70.
29. Redline S, Tishler PV, Schluchter M, Aylor J, Clark K, Graham G. Risk factors for sleep-disordered breathing in children. Associations with obesity, race and respiratory problems. *Am J Respir Crit Care Med.* 1999;159:1527-32.
30. Massa F, Gonzalez S, Laverty A, Wallis C, Lane R. The use of nasal continuous positive airway pressure to treat obstructive sleep apnea. *Arch Dis Child.* 2002;87:438-43.
31. Guilleminault C, Pelayo R, Clerk A, Leger D, Bocian RC. Home nasal continuous positive airway pressure in infants with sleep-disordered breathing. *J Pediatr.* 1995;127:905-12.
32. Kirk VG, O'Donnell AR. Continuous positive airway pressure for children: a discussion on how to maximize compliance. *Sleep Med Rev.* 2006;10:119-27.
33. Shahar E, Whitney CW, Redline S, Lee ET, Newman AB, Javier Nieto F, et al. Sleep-disordered breathing and cardiovascular disease: cross-sectional results of the Sleep Heart Health Study. *Am J Respir Crit Care Med.* 2001;163:19-25.
34. Marin JM, Carrizo SJ, Vicente E, Agusti AG. Long-term cardiovascular outcomes in men with obstructive sleep apnoea-hypopnoea with or without treatment with continuous positive airway pressure: an observational study. *Lancet.* 2005;365:1046-53.
35. Peppard PE, Young T, Palta M, Skatrud J. Prospective study of the association between sleep-disordered breathing and hypertension. *N Engl J Med.* 2000;342:1378-84.
36. Pepperell JC, Ramdassingh-Dow S, Crosthwaite N, Mullins R, Jenkinson C, Stradling JR, et al. Ambulatory blood pressure after therapeutic and subtherapeutic nasal continuous positive airway pressure for obstructive sleep apnea: a randomized parallel trial. *Lancet.* 2002;359:204-10.
37. Aloia MS, Arnedt JT, Davis JD, Riggs RL, Byrd D. Neuropsychological sequelae of obstructive sleep apnea-hypopnea syndrome: a critical review. *J Int Neuropsychol Soc.* 2004;10:772-85.
38. Zimmerman ME, Arnedt JT, Stanchina M, Millman RP, Aloia MS. Normalization of memory performance and positive airway pressure adherence in memory-impaired patients with obstructive sleep apnea. *Chest.* 2006;130:1772-8.
39. Arias MA, Garcia-Rio F, Alonso-Fernandez A, Martinez I, Villamor J. Pulmonary hypertension in obstructive sleep apnea: effects of continuous positive airway pressure. A randomized, controlled cross-over study. *Eur Heart J.* 2006;27:1106-13.
40. Gay P, Weaver T, Loube D, Iber C. Evaluation of positive airway pressure treatment for sleep related breathing disorders in adults. *Sleep.* 2006;29:381-401.
41. Marcus CL, Rosen G, Ward SL, Halbower AC, Sterni L, Lutz J, et al. Adherence to and effectiveness of positive airway pressure therapy in children with obstructive sleep apnea. *Pediatrics.* 2006;117:442-51.
42. Bott J, Carroll MP, Conway JH, Keilty SE, Ward EM, Brown AM, et al. Randomized controlled trial of nasal ventilation in acute ventilatory failure due to chronic obstructive airways disease. *Lancet.* 1993;341:1555-7.
43. Brochard L, Mancebo J, Wysocki M, Lafosa F, Conti G, Rauss A, et al. Noninvasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *N Engl J Med.* 1995;333:817-22.
44. Plant PK, Owen JL, Elliot MW. Early use of noninvasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease on general respiratory wards: a multicentre randomized controlled trial. *Lancet.* 2000;355:1931-5.
45. Plant PK, Owen JL, Elliot MW. Noninvasive ventilation in acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease: long term survival and predictors of in hospital outcome. *Thorax.* 2001;56:708-12.
46. Rasanen J, Heikkila J, Downs J, Nikki P, Vaisanen I, Vitanen A. Continuous positive airway pressure by face mask in acute cardiogenic pulmonary edema. *Am J Cardiol.* 1985;55:296-300.
47. Bersten AD, Holt AW, Vedig AE, Skowronski GA, Baggoley CJ. Treatment of severe cardiogenic pulmonary edema with continuous positive airway pressure delivered by face mask. *N Engl J Med.* 1991;325:1825-30.
48. Masip J, Betbese AJ, Paez J, Vecilla F, Canizares R, Padro J, et al. Noninvasive pressure support ventilation versus conventional oxygen therapy in acute cardiogenic pulmonary edema: a randomized trial. *Lancet.* 2000;356:2126-32.
49. Squadrone V, Coxa M, Cerutti E, Schellino MM, Biolino P, Occella P, et al. Continuous positive airway pressure for treatment of postoperative hypoxemia: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2005;293:589-95.
50. Auriant I, Jallot A, Herve P, Cerrina J, Le Roy Ladurie F, Fournier JL, et al. Noninvasive ventilation reduces mortality in acute respiratory failure following lung resection. *Am J Respir Crit Care Med.* 2001;164:1231-5.
51. Antonelli M, Conti G, Bufi M, Costa MG, Lappa A, Rocco M, et al. Noninvasive ventilation for treatment of acute respiratory failure in patients undergoing solid organ transplantation: a randomized trial. *JAMA* 2000;283:235-41.
52. Hilbert G, Gruson D, Vargas F, Valentino R, Gbikpi-Bennisan G, Dupon M, et al. Noninvasive ventilation in immunosuppressed patients with pulmonary infiltrates, fever, and acute respiratory failure. *N Engl J Med.* 2001;344:481-7.
53. Confalonieri M, Pontena A, Carbone G, Porta RD, Tolley EA, Umberto Meduri G. Acute respiratory failure in patients with severe community acquired pneumonia: a prospective randomized evaluation of noninvasive ventilation. *Am J Respir Crit Care Med.* 1999;160:1585-91.
54. Kilger E, Briegel J, Haller M, Frey L, Schelling G, Stoll C, et al. Effects of noninvasive positive pressure ventilatory support in non COPD patients with acute respiratory insufficiency after early extubation. *Intensive Care Med.* 1999;25:1374-80.
55. Soroksky A, Stav D, Shpirer I. A pilot prospective, randomized, placebo-controlled trial of bilevel positive airway pressure in acute asthmatic attack. *Chest.* 2003;123:1018-25.
56. Essouri S, Chevret L, Durand P, Haas V, Fauroux B, Devictor D. Noninvasive positive pressure ventilation: five years of experience in a pediatric intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med.* 2006;7:329-34.
57. Caples SM, Gay PC. Noninvasive positive pressure ventilation in the intensive care unit: a concise review. *Crit Care Med.* 2005;33:2651-8.

58. Miller MJ, Difiore JM, Strohl KP, Martin RJ. Effects of nasal CPAP on supraglottic and total pulmonary resistance in preterm infants. *J Appl Physiol.* 1990;68:141-6.
59. Cotton RB, Lindstrom DP, Kanarek KS, Sundell H, Stahlman MT. Effect of positive end expiratory pressure on right ventricular output in lambs with hyaline membrane disease. *Acta Paediatr Scand.* 1980;69:603-6.
60. Verder H, Robertson B, Greisen G, Ebbesen F, Albertsen P, Lundstrom K, et al. Surfactant therapy and nasal continuous positive airway pressure for newborns with respiratory distress syndrome. Danish-Swedish Multicenter Study Group. *N Engl J Med.* 1994;331:1051-5.
61. Pieper CH, Smith J, Maree D, Pohl FC. Is CPAP of value in extreme preterms with no access to neonatal intensive care? *J Trop Pediatr.* 2003;49:148-52.
62. Aghai ZH, Saslow JG, Nakhla T, Milcarek B, Hart J, Lawrysh-Plunkett R, et al. Synchronized nasal intermittent positive pressure ventilation (SNIPPV) decreases work of breathing (WOB) in premature infants with respiratory distress syndrome (RDS) compared to continuous positive airway pressure (NCPAP). *Pediatr Pulmonol.* 2006;41:875-81.
63. Davis PG, Lemyre B, De Paoli AG. Nasal intermittent positive pressure ventilation (NIPPV) versus nasal continuous positive airway pressure (NCPAP) for preterm neonates after extubation. *Cochrane Database Syst Rev.* 2001;CD003212.
64. Kulkarni A, Ehrenkranz RA, Bhandari V. Effect of introduction of synchronized nasal intermittent positive pressure ventilation in a neonatal intensive care unit on bronchopulmonary dysplasia and growth in preterm infants. *Am J Perinatol.* 2006;23:233-40.
65. Lemyre B, Davis PG, De Paoli AG. Nasal intermittent positive pressure ventilation (NIPPV) versus nasal continuous positive airway pressure (NCPAP) for apnea of prematurity. *Cochrane Database Syst Rev.* 2002;CD002272.
66. Elgellab A, Riou Y, Abbazine A, Truffert P, Matran R, Lequien P, et al. Effects of nasal continuous positive airway pressure (NCPAP) on breathing pattern in spontaneously breathing premature newborn infants. *Intensive Care Med.* 2001;27:1782-7.
67. Mansel JK, Stogner SW, Petrini MF, Norman JR. Mechanical ventilation in patients with acute severe asthma. *Am J Med.* 1990;89:42-8.
68. Dales RE, Munt PW. Use of mechanical ventilation in adults with severe asthma. *CMAJ.* 1984;130:391-5.
69. Roberts JS, Bratton SL, Brogan TV. Acute severe asthma: differences in therapies and outcomes among pediatric intensive care units. *Crit Care Med.* 2002;30:581-5.
70. Thill PJ, McGuire JK, Baden HP, Green TP, Checchia PA. Noninvasive positive pressure ventilation in children with lower airway obstruction. *Pediatr Crit Care Med.* 2004;5:337-42.
71. Beers SL, Abramo TJ, Bracken A, Wiebe RA. Bilevel positive airway pressure in the treatment of status asthmaticus in pediatrics. *Am J Emerg Med.* 2007;25:6-9.
72. Padman R, Lawless ST, Kettrick RG. Noninvasive ventilation via bilevel positive airway pressure support in pediatric practice. *Crit Care Med.* 1998;26:169-73.
73. Essouri S, Nicot F, Clement A, Garabedian EN, Roger G, Lofaso F, et al. Noninvasive positive pressure ventilation in infants with upper airway obstruction: comparison of continuous and bilevel positive pressure. *Intensive Care Med.* 2005;31:574-80.
74. Fortenberry JD, Del Toro J, Jefferson LS, Evey L, Haase D. Management of pediatric acute hypoxemic respiratory insufficiency with bilevel positive pressure (BiPAP) nasal mask ventilation. *Chest.* 1995;108:1059-64.
75. Ferrer M, Esquinas A, Leon M, Gonzalez G, Alarcon A, Torres A. Noninvasive ventilation in severe hypoxemic respiratory failure: a randomized clinical trial. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003;168:1438-44.
76. Esteban A, Frutos-Vivar F, Ferguson ND, Arabi Y, Apezteguia C, Gonzalez M, et al. Noninvasive positive pressure ventilation for respiratory failure after extubation. *N Engl J Med.* 2004;350:2452-60.
77. Bernet V, Hug, MI, Frey B. Predictive factors for the success of noninvasive mask ventilation in infants and children with acute respiratory failure. *Pediatr Crit Care Med.* 2005;6:660-4.
78. Epstein SK, Ciubotaru RL, Wong JB. Effect of failed extubation on the outcome of mechanical ventilation. *Chest.* 1997;112:186-92.
79. Epstein SK, Ciubotaru RL. Independent effects of etiology of failure and time to reintubation on outcome for patients failing extubation. *Am J Respir Crit Care Med.* 1998;158:489-93.
80. Crawford SW, Schwartz DA, Petersen FB. Mechanical ventilation after bone marrow transplantation: risk factors and clinical outcome. *Am Rev Respir Dis.* 1988;137:682-7.
81. Jacobs SJ, Hassan A, Veys P, Mok Q. Outcome of children requiring admission to an intensive care unit after bone marrow transplantation. *Crit Care Med.* 2003;31:1299-1305.
82. Marino P, Rosa G, Conti G, Cogliati AA. Treatment of acute respiratory failure by prolonged noninvasive ventilation in a child. *Can J Anaesth.* 1997;44:727-31.
83. Cogliati A, Conti G, Tritapepe L, Canneti A, Rosa G. Noninvasive ventilation in the treatment of acute respiratory failure induced by all-trans retinoic acid (retinoic acid syndrome) in children with acute promyelocytic leukemia. *Pediatr Crit Care Med.* 2002;3:70-3.
84. Girault C, Briel A, Hellot MF, Tamion F, Woinet D, Leroy J, et al. Noninvasive mechanical ventilation in clinical practice: a 2-year experience in a medical intensive care unit. *Crit Care Med.* 2003;31:552-9.

Correspondência:
 Lik Eng Loh
 Children's Intensive Care Unit
 KK Women's and Children's Hospital
 100 Bukit Timah Road
 229899 – Singapore
 Tel.: (65) 6293.4044
 Fax: (65) 6293.7933
 E-mail: Loh.Lik.Eng@kkh.com.sg