

Peak pressure and tidal volume are affected by how the neonatal self-inflating bag is handled

Influência do manuseio do balão autoinflável neonatal sobre o pico de pressão e o volume corrente

Mariana A. Bassani¹, Francisco Mezzacappa Filho²,
Maria Regina C. Coppo³, Sérgio T. M. Marba⁴

Resumo

Objetivo: Avaliar a influência do manuseio do ventilador pulmonar manual neonatal com bolsa autoinflável sobre pico de pressão e volume corrente.

Métodos: Estudo experimental com 141 profissionais de saúde (médicos, médicos residentes, fisioterapeutas, enfermeiros e técnicos de enfermagem) que ventilaram um pulmão artificial ajustado para reproduzir o pulmão de um recém-nascido a termo, utilizando ventilador pulmonar manual autoinflável com cinco diferentes modos de manuseio: com as duas mãos (10 dedos) e com uma mão, utilizando cinco, quatro, três e dois dedos. Valores de pico de pressão e volume corrente foram registrados pelo pulmão artificial.

Resultados: Observou-se alta variabilidade nos valores das variáveis estudadas. A média do pico de pressão foi 39,73 cmH₂O (IC95% 37,32-42,13), variando de 2,5 a 106,3 cmH₂O, e do volume foi 39,56 mL (IC95% 36,86-42,25), variando de 4 a 88 mL. Não foi detectada influência significativa da profissão sobre as variáveis estudadas ($p > 0,05$). Observou-se que o modo de manuseio do ventilador pulmonar manual influenciou significativamente o pico de pressão e o volume corrente ($p < 0,0001$), que foram maiores quando o ventilador foi manuseado com as duas mãos.

Conclusão: A maioria dos profissionais gerou pico de pressão e volume corrente muito elevados, principalmente quando foram empregadas as duas mãos para ventilar, aumentando o risco de barotrauma e volutrauma. Por outro lado, parte dos profissionais forneceu pressões e volumes tão baixos que seriam insuficientes para a adequada expansão pulmonar, podendo levar a hipoventilação. Tais riscos não dependeram da formação profissional.

J Pediatr (Rio J). 2009;85(3):217-222: Reanimação neonatal, ventilação pulmonar manual, bolsas autoinfláveis, barotrauma.

Abstract

Objective: To evaluate how different ways of handling the neonatal self-inflating bag influence peak pressure and tidal volume.

Methods: This is an experimental study involving 141 different professionals (physicians, resident physicians, physiotherapists, nurses, and nursing technicians), who ventilated an artificial lung, adjusted to simulate the lung of a term neonate, using a self-inflating bag. Each professional handled the ventilator in five different ways: a) using both hands (10 fingers); and, with only one hand, b) five fingers, c) four fingers, d) three fingers, and e) two fingers. Peak pressure and tidal volume data were recorded by the artificial lung equipment.

Results: Both variables showed high variability, from 2.5 to 106.3 cmH₂O (mean = 39.73 cmH₂O; 95%CI 37.32-42.13) for peak pressure, and from 4 to 88 mL (mean = 39.56 mL; 95%CI 36.86-42.25) for tidal volume. There was no significant influence of the profession on any of the variables ($p > 0.05$). However, bag handling significantly influenced both peak pressure and tidal volume ($p < 0.0001$), which were higher when the operator used both hands.

Conclusion: The results indicate that most professionals delivered excessively high peak pressures and tidal volumes, which could increase the risk of barotrauma and volutrauma, especially when both hands were used to ventilate. On the other hand, a small number of professionals delivered insufficient pressure and volume for adequate lung expansion and ventilation. The delivery of inadequate ventilation was not dependent on profession.

J Pediatr (Rio J). 2009;85(3):217-222: Neonatal resuscitation, manual lung ventilation, self-inflating bags, barotrauma.

1. Mestranda, Saúde da Criança e do Adolescente, Centro de Investigação em Pediatria (CIPED), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP. Especialista, Fisioterapia em Neonatologia, Centro de Atenção Integral à Saúde da Mulher (CAISM), UNICAMP, Campinas, SP. Fisioterapeuta, CAISM, UNICAMP, Campinas, SP.
2. Médico neonatologista. Professor assistente, Departamento de Pediatria, CAISM, UNICAMP, Campinas, SP.
3. Mestre, Saúde da Criança e do Adolescente, CIPED, UNICAMP, Campinas, SP. Fisioterapeuta, CAISM, UNICAMP, Campinas, SP.
4. Médico neonatologista, CAISM, UNICAMP, Campinas, SP. Professor associado, Departamento de Pediatria, Faculdade de Ciências Médicas, UNICAMP, Campinas, SP.

Apoio: Equipamento (pulmão artificial) fornecido pelo Centro de Engenharia Biomédica da UNICAMP.

Não foram declarados conflitos de interesse associados à publicação deste artigo.

Como citar este artigo: Bassani MA, Mezzacappa Filho F, Coppo MR, Marba ST. Peak pressure and tidal volume are affected by how the neonatal self-inflating bag is handled. *J Pediatr (Rio J)*. 2009;85(3):217-222.

Artigo submetido em 28.11.08, aceito em 26.02.09.

doi:10.2223/JPED.1886

Introdução

A ventilação pulmonar manual com bolsas autoinfláveis é muito utilizada por profissionais que trabalham com cuidados intensivos neonatais. Ela é aplicada para oxigenação durante a anestesia¹, no transporte intra e extra-hospitalar do paciente², como técnica de fisioterapia respiratória³ e principalmente na reanimação cardiopulmonar^{2,4-6}. No entanto, não há consenso sobre sua aplicação. Embora as vantagens e desvantagens do uso de bolsas autoinfláveis sejam bem relatadas na literatura, não existem recomendações sobre a utilização desse equipamento, particularmente na reanimação de neonatos em sala de parto^{6,7}.

Diversos estudos mostram que os parâmetros ventilatórios gerados durante a ventilação pulmonar manual podem ser altamente influenciados por diversos fatores, como a profissão^{8,9} e experiência profissional^{8,10,11}, equipamento e circuitos utilizados^{3,9,11-13}, tamanho de mão¹⁴⁻¹⁶ e uso de uma ou duas mãos^{8,15-18}.

Além disso, o uso de reanimadores autoinfláveis apresenta alto risco para lesão pulmonar, que pode, posteriormente, refletir em doenças pulmonares crônicas da infância⁵. O risco de barotrauma, gerado por excesso de pico de pressão nas vias aéreas, não é a única forma de lesão pulmonar causada pelo uso de bolsas autoinfláveis^{5,19}. O emprego de volumes correntes excessivos causa distensão alveolar e do parênquima pulmonar e desencadeamento da cascata inflamatória e, conseqüentemente, lesão do epitélio respiratório^{7,19,20}, principalmente em recém-nascidos prematuros extremos, cujos pulmões ainda estão em franco processo de desenvolvimento²⁰. Outra preocupação durante a ventilação pulmonar manual é o fornecimento de baixos volumes e pressões, que podem não ser suficientes para adequada ventilação do neonato²¹. A hipoventilação, que leva a hipoxemia, hipercapnia e acidose, agrava o quadro clínico e o prognóstico do paciente.

O conhecimento de fatores que possam afetar os parâmetros ventilatórios gerados durante a ventilação pulmonar manual com bolsas autoinfláveis é de extrema importância, pois pode auxiliar na uniformização da técnica e, possivelmente, contribuir para uma execução mais segura e eficaz, reduzindo complicações e refletindo em melhor prognóstico dos pacientes, menor tempo de internação e custos hospitalares.

Este estudo teve com objetivo analisar a influência do modo de manuseio do ventilador pulmonar manual neonatal com bolsa autoinflável por diferentes profissionais de saúde sobre pico de pressão e volume corrente gerados.

Métodos

Trata-se de estudo experimental que incluiu profissionais de saúde (médicos, médicos residentes, fisioterapeutas, enfermeiros e técnicos de enfermagem) da Unidade de Terapia Intensiva Neonatal (UTIN) do Centro de Atenção Integral à Saúde da Mulher (CAISM), da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Após lerem e assinarem o termo de consentimento livre e esclarecido, os voluntários utilizaram um ventilador pulmonar manual autoinflável novo, modelo

neonatal, com balão de silicone com capacidade máxima de 300 mL (J. G. Moriya®) para ventilar um pulmão artificial (Adult/Infant Ventilator Tester, mod. VT-2, Bio-Tek, Winooski, VT) calibrado e ajustado com resistência de vias aéreas (200 cmH₂O/L/min) e complacência (0,003 L/cmH₂O) compatíveis com os valores fisiológicos de um neonato a termo (aproximadamente 3 kg) entubado. Esse ventilador pulmonar manual foi escolhido para este estudo por ser o mais comumente utilizado na UTIN de nosso serviço. Para efeito de estudo, não foram utilizados reservatório e fonte de gás comprimido acoplados ao balão. A válvula de alívio, cuja pressão de acionamento é igual ou superior a 40 cmH₂O (segundo o fabricante), foi mantida desbloqueada. O pulmão artificial utilizado é um equipamento que simula o pulmão humano por meio do ajuste de complacência (dado por um sistema de molas) e resistência (dado por resistores de diâmetros variáveis) conforme desejado. Transdutores de fluxo e pressão, localizados no interior do equipamento, convertem as informações em sinal elétrico, que é processado e exibido em display (tela de cristal líquido) e/ou impressas em impressora própria. Esse aparelho respeita as normas da American Society for Testing and Materials F920-93. Todos os testes foram realizados com o equipamento ajustado para 760 mmHg de pressão barométrica, com 25 °C de temperatura ambiente e 50% de umidade relativa do ar.

Foram realizados cinco modos diferentes de manuseio do ventilador pulmonar manual (metodologia semelhante ao de Ganga-Zandzou et al.²²): a) com as duas mãos (10 dedos); e com uma mão, utilizando: b) cinco dedos; c) quatro dedos; d) três dedos; e e) dois dedos.

Avaliou-se os valores obtidos de pico de pressão e volume corrente, que foram computados e registrados pelo pulmão artificial após, aproximadamente, cinco ciclos fornecidos por cada voluntário. Foi permitido intervalo de aproximadamente 1 minuto entre os diferentes manuseios. A sequência dos cinco modos de operação foi determinada por uma tabela de números aleatórios²³, e os voluntários não tiveram acesso aos seus resultados durante o período de coleta de dados.

O protocolo referente a este estudo foi devidamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP.

A análise estatística foi realizada por meio do programa GraphPad Prism versão 4.0 (2003). A normalidade das amostras foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. A influência do manuseio sobre pico de pressão, que apresentou distribuição normal, foi testada com análise de variância monofatorial para amostras pareadas, seguida do teste *post hoc* de Bonferroni. Para volume corrente, que não apresentou distribuição normal, foi utilizado teste não-paramétrico de Friedman e teste *post hoc* de Dunn. Para investigar a influência do treinamento do profissional sobre essas variáveis, usou-se análise de variância monofatorial para amostras independentes (paramétrico), já que se atingiu a normalidade da distribuição dos dados. Para essa última análise, tomou-se como base os valores gerados por cada grupo profissional manuseando o ventilador com cinco dedos, pois tal manuseio é a forma mais utilizada pelos diferentes profissionais na sua rotina. O nível de significância adotado foi $p < 0,05$.

Resultados

Foram incluídos 141 profissionais de saúde da UTIN do CAISM/UNICAMP, dos quais 29 são enfermeiros, 11 médicos assistentes ou docentes, 20 médicos residentes, 49 técnicos de enfermagem e 32 fisioterapeutas. Não foi detectada influência estatisticamente significativa da profissão sobre os valores gerados para pico de pressão ($p = 0,659$) e volume corrente ($p = 0,206$) (Tabela 1).

Observou-se que o modo de manuseio do ventilador pulmonar manual influenciou significativamente ($p < 0,0001$) tanto o pico de pressão quanto o volume corrente, quando o ventilador foi manuseado com as duas mãos, comparado ao manuseio com apenas uma. Em teste *post hoc*, foi possível observar que para pico de pressão, os valores obtidos com 10 dedos foram significativamente maiores do que os obtidos com cinco, quatro, três ($p < 0,01$) e dois ($p < 0,001$) dedos. Para volume corrente, observamos diferença significativa entre 10 e quatro, três e dois dedos ($p < 0,01$).

A Tabela 2 apresenta as médias, desvio padrão, intervalo de confiança de 95% (IC95%) e valores mínimos e máximos para pico de pressão e mediana, intervalo interquartil, IC95% e valores mínimos e máximos para volume corrente para cada manuseio utilizado, bem como os resultados das análises estatísticas realizadas.

Vale ressaltar que independentemente das influências observadas, foi possível notar que, para ambas as variáveis, houve alta variabilidade nos valores obtidos. Ao analisar todos os valores de pico de pressão e volume corrente gerados em todos os manuseios por todos os profissionais envolvidos, obteve-se, para pico de pressão,

uma média de 39,73 (IC95% 37,32-42,13) e variação de 2,5 a 106,3 cmH₂O. Para a variável volume corrente, observou-se uma média de 39,56 (IC95% 36,86-42,25) e variação de 4 a 88 mL.

Discussão

Existem poucos estudos atuais sobre ventilação pulmonar manual que abordam a técnica a ser utilizada e as influências profissionais, particularmente em neonatologia. Apenas um estudo encontrado, de Ganga-Zandzou et al.²², abordou esse aspecto em pacientes recém-nascidos. Os autores estudaram a influência do manuseio sobre a frequência ventilatória, tempo inspiratório, volume corrente e pico de pressão durante a ventilação pulmonar manual em um manequim de recém-nascido. Foram analisados quatro manuseios diferentes (com cinco, quatro, três e dois dedos), e observou-se que o manuseio não influenciou a frequência ventilatória, tempo inspiratório nem volume corrente. Houve influência do manuseio apenas para pico de pressão, que foi significativamente maior com cinco dedos em comparação com dois dedos (38,2±6,0 *versus* 35,5±6,0, respectivamente; $p < 0,05$). Houve concordância parcial desses resultados com os do presente estudo, que mostra que houve influência do manuseio não só sobre o pico de pressão, mas também sobre o volume corrente. É importante notar que, no presente estudo, a diferença significativa ocorreu na comparação dos manuseios entre uma e duas mãos, mas não entre diferentes manuseios utilizando uma única mão. É possível que a discrepância entre os dois estudos em relação ao volume corrente não se deva somente à diferença dos manuseios utilizados, mas também ao tamanho amostral, que no presente estudo

Tabela 1 - Influência da profissão sobre as variáveis pressão de pico e volume corrente

Variáveis	Média ± DP	IC95%	Mínimo	Máximo	p
Pressão de pico (cmH ₂ O)					0,672*
Enfermeiro (n = 29)	40,30±15,11	34,55-46,05	6,50	69,80	
Médico (n = 11)	39,78±10,26	32,89-46,67	19,70	51,30	
Médico residente (n = 20)	35,29±10,30	30,47-40,11	18,90	53,30	
Fisioterapeuta (n = 32)	41,36±17,20	35,16-47,56	8,500	89,20	
Técnico de enfermagem (n = 49)	40,11±14,47	32,89-46,67	9,200	73,30	
Volume corrente (mL)					0,212*
Enfermeiro (n = 29)	39,38±14,20	33,98-44,78	4	69,00	
Médico (n = 11)	34,91±12,68	26,39-43,43	17	61,00	
Médico residente (n = 20)	36,95±14,58	30,12-43,78	11	65,00	
Fisioterapeuta (n = 32)	45,25±20,33	37,92-52,58	4	79,00	
Técnico de enfermagem (n = 49)	38,06±15,04	33,74-42,38	8	74,00	

DP = desvio padrão; IC95% = intervalo de confiança de 95%.

* Análise de variância monofatorial para medidas repetidas.

Tabela 2 - Influência do manuseio sobre pressão de pico e volume corrente para um total de 141 voluntários

Variáveis	Valores	IC95%	Mínimo	Máximo	p
Pressão de pico (cmH ₂ O), média ± DP					< 0,0001*
10 dedos	42,71±16,55	39,96-45,47	6,7	106,30	
5 dedos	42,71±13,75	37,47-42,05	6,5	89,20	
4 dedos	39,55±13,76	37,26-41,84	7,9	80,60	
3 dedos	39,50±14,62	37,07-41,94	2,5	105,30	
2 dedos	37,91±12,79	35,78-40,04	5,7	83,20	
Volume corrente (mL), mediana e intervalo interquartil					< 0,0001†
10 dedos	43,00, 30,00-52,00	38,56-44,13	8,00	88,00	
5 dedos	38,00, 29,50-51,50	36,87-42,25	4,00	79,00	
4 dedos	38,00, 25,00-51,00	36,00-41,12	8,00	74,00	
3 dedos	38,00, 25,00-51,00	36,14-41,03	8,00	65,00	
2 dedos	38,00, 25,00-51,00	35,27-40,73	4,00	74,00	

DP = desvio padrão; IC95% = intervalo de confiança de 95%.

* Análise de variância monofatorial para medidas repetidas.

† Teste de Friedman.

foi de 141, enquanto que no estudo de Ganga-Zandzou et al.²² foi de 19. No entanto, ambos os estudos encontraram que o valor da variável tende a ser maior quanto maior o número de dedos utilizados.

Estudos que avaliaram o uso de uma ou duas mãos, ou seja, cinco dedos e 10 dedos, respectivamente, durante a ventilação manual em adultos, mostram que o uso de duas mãos resultou em volumes correntes maiores^{8,15-18}. No entanto, Augustine et al.⁸ também estudaram essa influência sobre o pico de pressão e não encontraram diferenças estatisticamente significativas.

No presente estudo, observou-se alta variabilidade, com valores de pico de pressão e volume corrente superiores àqueles recomendados na literatura (pico de pressão = 30-40 cmH₂O^{5,7,24}; volume corrente = 5-10 mL/kg⁷). Achados semelhantes foram obtidos em dois estudos realizados por Rezende et al.^{25,26}, nos quais foi avaliado o desempenho de médicos neonatologistas experientes durante a ventilação pulmonar. Foram avaliados pico de pressão, frequência ventilatória^{25,26} e volume corrente²⁶ gerados. Em ambos os estudos, os autores observaram alta variabilidade nos valores obtidos para pico de pressão^{25,26} e volume corrente²⁶. Observaram que, além de alta variabilidade, os valores gerados foram frequentemente superiores àqueles recomendados para a reanimação neonatal, com mediana (IQ25-75%) de 39,8 cmH₂O (30,2-47,2) e 17,8 mL/kg (14,1-22,4) para pico de pressão e volume corrente, respectivamente. Os

autores ressaltam que houve maior adequação da técnica para frequência ventilatória, que em 65% das vezes se situou entre 30 e 60 ciclos por minuto²⁶. Em ambos os estudos citados, a válvula de alívio foi mantida bloqueada, o que pode ter contribuído para o fornecimento de pressões mais elevadas. No presente estudo, a válvula foi mantida em posição de adequado funcionamento (desbloqueada) e, portanto, deveria ter liberado o excesso de pressão ao se atingir 40 cmH₂O, o que, porém, não ocorreu. O uso da válvula de alívio é questionado por Finer et al.²⁷, cujo estudo demonstrou grande variabilidade na pressão em que a válvula é ativada e que, em algumas vezes, essas pressões ultrapassam os valores considerados seguros.

Vale ressaltar que o pulmão artificial utilizado no presente estudo não simulava a expansão torácica do recém-nascido. A ausência desse *feedback* visual pode ter comprometido os valores gerados pelos profissionais.

Em vista da alta variabilidade e grande ocorrência de valores não recomendados para a reanimação neonatal, alguns autores sugerem que o uso de um manômetro acoplado ao circuito pode reduzir a variabilidade dos valores fornecidos pela ventilação pulmonar manual, oferecendo maior segurança ao procedimento e, conseqüentemente, redução de possíveis iatrogenias^{28,29}. Tal acessório não foi testado neste estudo, pois, a nosso ver, ele somente registra as pressões já geradas, sem impedir que as pressões variem em decorrência do manuseio realizado com o balão autoinflável.

É importante salientar que, no presente estudo, não foi utilizada fonte de gás comprimido. Entretanto, o uso de uma fonte de gás conectada a um balão autoinflável com entrada de oxigênio diretamente no interior do balão pode influenciar de modo importante os valores de pressão e volume gerados³⁰. Além disso, existe a possibilidade de que o uso de reservatório bem como a capacidade máxima e complacência do material do balão também afetem os valores dos parâmetros ventilatórios.

No presente estudo não foi observada influência da profissão sobre os valores de pico de pressão e volume corrente gerados com o ventilador pulmonar manual. Embora tenham estudado grupos profissionais diferentes, Hussey et al.¹³ também não observaram essa correlação. Em seu estudo, foram incluídos 35 profissionais da área da saúde, que foram divididos em dois grupos: médicos (n = 23) e outros profissionais da área da saúde (n = 12), durante a ventilação manual em um manequim neonatal entubado. Os autores não encontraram diferenças significativas para nenhuma das variáveis estudadas (pico de pressão, frequência ventilatória e pressão positiva ao final da expiração) entre os grupos estudados (p > 0,05).

Por outro lado, Finer et al.⁹ estudaram 27 profissionais (cinco terapeutas respiratórios, quatro médicos neonatologistas, cinco médicos residentes em pediatria, cinco enfermeiras, seis médicos especializando em neonatologia e duas *nursing practitioners*) durante a ventilação manual (com máscara) em um manequim modelo neonatal, utilizando dois tipos de circuito diferentes. Os terapeutas respiratórios forneceram pressões significativamente maiores (pico de pressão e pressão positiva ao final da expiração) que os demais grupos profissionais (p < 0,0001). Augustine et al.⁸ encontraram resultados diferentes: os maiores e menores volumes correntes foram fornecidos por enfermeiras e médicos do departamento de emergência, respectivamente, enquanto que os maiores e menores picos de pressão foram gerados por paramédicos e terapeutas respiratórios, respectivamente (p < 0,05).

Os resultados do presente estudo indicam que parte dos indivíduos forneceu pico de pressão e volume corrente muito elevados, que poderiam acarretar maior risco de barotrauma e volutrauma, principalmente quando usadas as duas mãos para ventilar. Por outro lado, outra parte dos profissionais avaliados forneceu pressões e volumes muito baixos e, portanto, insuficientes para a adequada expansão pulmonar, com risco de hipoventilação. Tais riscos não dependeram da formação profissional.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos voluntários que participaram deste estudo e à equipe de mecânica da área de Engenharia Clínica do Centro de Engenharia Biomédica da UNICAMP, que forneceu o pulmão teste e realizou o treinamento necessário para sua adequada utilização.

Referências

- Spears Jr RS, Yeh A, Fisher DM, Zwass MS. "The educated hand". Can anesthesiologists assess changes in neonatal pulmonary compliance manually? *Anesthesiology*. 1991;75:693-6.
- International Liaison Committee on Resuscitation. The International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) consensus on science with treatment recommendations for pediatric and neonatal patients: pediatric basic and advanced life support. *Pediatrics*. 2006;117:e955-77.
- Denehy L. The use of manual hyperinflation in airway clearance. *Eur Respir J*. 1999;14:958-65.
- 2005 American Heart Association (AHA) guidelines for cardiopulmonary resuscitation (CPR) and emergency cardiovascular care (ECC) of pediatric and neonatal patients: pediatric basic life support. *Pediatrics*. 2006;117:e989-1004.
- Almeida MF, Guinsburg R. Controvérsias em reanimação do recém-nascido. *J Pediatr (Rio J)*. 2001;77 Supl 1:S41-52.
- O'Donnell CP, Davis PG, Morley CJ. Positive pressure ventilation at neonatal resuscitation: review of equipment and international survey of practice. *Acta Paediatr*. 2004;93:583-8.
- O'Donnell CP, Morley CJ. Resuscitation of premature infants: what are we doing wrong and can we do better? *Biol Neonate*. 2003;84:76-82.
- Augustine JA, Seidel DR, McCabe JB. Ventilation performance using a self-inflating anesthesia bag: effect of operator characteristics. *Am J Emerg Med*. 1987;5:267-70.
- Finer NN, Rich W, Craft A, Henderson C. Comparison of methods of bag and mask ventilation for neonatal resuscitation. *Resuscitation*. 2001;49:299-305.
- Hodgson C, Carroll S, Denehy L. A survey of manual hyperinflation in Australian hospitals. *Aust J Physiother*. 1999;45:185-93.
- Maxwell, Ellis ER. The effects of three manual hyperinflation techniques on pattern of ventilation in a test lung model. *Anaesth Intensive Care*. 2002;30:283-8.
- McCarran B, Chow CM. Manual hyperinflation: a description of the technique. *Aust J Physiother*. 1996;42:203-8.
- Hussey SG, Ryan CA, Murphy BP. Comparison of three manual ventilation devices using an intubated mannequin. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2004;89:F490-3.
- Law GD. Effect of hand size on Ve, Vt, and FiO2 during manual resuscitation. *Respir Care*. 1982;27:1236-8.
- Hess D, Goff G, Johnson K. The effect of hand size, resuscitator brand, and use of two hands on volumes delivered during adult bag-valve ventilation. *Respir Care*. 1989;34:805-10.
- Hess D, Spahr C. An evaluation of volumes delivered by selected adult disposable resuscitators: the effects of hand size, number of hands used, and use of disposable medical gloves. *Respir Care*. 1990;35:800-5.
- Hess D, Goff G. The effect of two-hand versus one-hand ventilation on volumes delivered during bag-valve ventilation at various resistances and compliances. *Respir Care*. 1987;32:1025-8.
- Hess D, Simmons M, Blaukovitch S, Lightner D, Doyle T. An evaluation of the effects of fatigue, impedance, and use of two hands on volumes delivered during bag-valve ventilation. *Respir Care*. 1993;38:271-5.
- Dreyfuss D, Saumon G. Ventilator-induced lung injury: lessons from experimental studies. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998;157:294-323.
- Almeida MF, Guinsburg R. A reanimação do prematuro extremo em sala de parto. *J Pediatr (Rio J)*. 2005;81:S3-15.
- Miyoshi M, Guinsburg R. Ventilação pulmonar mecânica convencional no período neonatal. In: Kopelman BI, Santos AMN, Goulart AL, Almeida MF, Miyoshi MH, Guinsburg R, editores. Diagnóstico e tratamento em neonatologia. São Paulo, SP: Atheneu, 2004. p. 149-59.
- Ganga-Zandzou PS, Diependaele JF, Storme L, Riou Y, Klosowski S, Rakza T, et al. La ventilation à Ambú® chez nouveau-né: une simple question de doigté? *Arch Pediatr*. 1996;3:1270-2.
- Paradine CG, Rivett BH. Métodos estatísticos para tecnologias. São Paulo, SP: Polígono da Editora da Universidade de São Paulo; 1974.
- International Liaison Committee on Resuscitation. 2005 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. Part 7: Neonatal resuscitation. 2005;67:293-303.
- Resende JG, Menezes CG, Paula AM, Ferreira AC, Zaconeta CA, Silva CA, et al. Evaluation of peak inspiratory pressure and respiratory rate during ventilation of an infant lung model with a self-inflating bag. *J Pediatr*. 2006;82:359-64.

26. Resende JG, Zaconeta CA, Ferreira AC, Silva CA, Rodrigues MP, Rebello CM, et al. Evaluation of peak inspiratory pressure, tidal volume and respiratory rate during ventilation of premature lambs using a self-inflating bag. *J Pediatr (Rio J)*. 2006;82:279-83.
27. Finer NN, Barrington KJ, Al-Fadley F, Peters KL. Limitations of self-inflating resuscitators. *Pediatrics*. 1986;77:417-20.
28. Goldstein B, Catlin E, Vetere J, Arguin L. The role of in-line manometers in minimizing peak and mean airway pressure during the hand-regulated ventilation of newborn infants. *Respir Care*. 1989;34:23-7.
29. Redfern J, Ellis E, Holmes W. The use of a pressure manometer enhances student physiotherapists' performance during manual hyperinflation. *Aust J Physiother*. 2001;47:121-31.

30. Godoy AC, Vieira RJ, De Capitani EM. Alterações de pico inspiratório e do volume corrente fornecidos por reanimadores manuais com balão auto-inflável em função do fluxo de entrada de oxigênio utilizado. *J Bras Pneumol*. 2008;34:817-21.

Correspondência:

Mariana A. Bassani
Serviço de Fisioterapia CAISM/UNICAMP
Rua Alexander Fleming, 1101
CEP 13083-970 - Campinas, SP
Tel.: (19) 3521.9511, (19) 3521.9428, (19) 3521.9483
E-mail: bassanimariana@hotmail.com