

## Evaluation of the dead space to tidal volume ratio as a predictor of extubation failure

*Avaliação da relação entre espaço morto e volume corrente como índice preditivo de falha de extubação*

Albert Bousso<sup>1</sup>, Bernardo Ejzenberg<sup>2</sup>, Andréa Maria Cordeiro Ventura<sup>3</sup>, José Carlos Fernandes<sup>4</sup>, Iracema de Cássia de Oliveira Fernandes<sup>5</sup>, Patrícia Freitas Góes<sup>5</sup>, Flávio Adolfo Costa Vaz<sup>6</sup>

### Resumo

**Objetivo:** O objetivo do estudo foi avaliar a relação entre espaço morto e volume corrente (VD/VT) como preditivo de falha na extubação de crianças sob ventilação mecânica.

**Métodos:** Entre setembro de 2001 e janeiro de 2003, realizamos uma coorte, na qual foram incluídas todas as crianças (1 dia-15 anos) submetidas a ventilação mecânica na unidade de terapia intensiva pediátrica em que foi possível realizar a extubação e a ventilometria pré-extubação com a medida do índice VD/VT. Considerou-se falha na extubação a necessidade de reinstalação de algum tipo de assistência ventilatória, invasiva ou não, em um período de 48 horas. Para a análise dos pacientes que foram reintubados, definiu-se como sucesso-R a não reintubação. Para as análises estatísticas, utilizou-se um corte do VD/VT de 0,65.

**Resultados:** No período estudado, 250 crianças receberam ventilação mecânica na unidade de terapia intensiva pediátrica. Destas, 86 compuseram a amostra estudada. Vinte e uma crianças (24,4%) preencheram o critério de falha de extubação, com 11 (12,8%) utilizando suporte não-invasivo e 10 (11,6%) reintubadas. A idade média foi de 16,8 ( $\pm 30,1$ ) meses, e a mediana, de 5,5 meses. A média do índice VD/VT de todos os casos foi de 0,62 ( $\pm 0,18$ ). As médias do índice VD/VT para os pacientes que tiveram a extubação bem sucedida e para os que falharam foram, respectivamente, 0,62 ( $\pm 0,17$ ) e 0,65 ( $\pm 0,21$ ) ( $p = 0,472$ ). Na regressão logística, o índice VD/VT não apresentou correlação estatisticamente significativa com o sucesso ou não da extubação ( $p = 0,8458$ ), nem para aqueles que foram reintubados ( $p = 0,5576$ ).

**Conclusões:** Em uma população pediátrica submetida a ventilação mecânica, por etiologias variadas, o índice VD/VT não possibilitou prever qual a população de risco para falha de extubação ou reintubação.

*J Pediatr (Rio J).* 2006;82(5):347-53: Insuficiência respiratória, pneumopatias, espaço morto respiratório, medidas de volume pulmonar, respiração artificial, criança.

### Abstract

**Objective:** The objective of this study was to evaluate the ratio of dead space to tidal volume (VD/VT) as a predictor of extubation failure of children from mechanical ventilation.

**Methods:** From September 2001 to January 2003 we studied a cohort consisting of all children (1 day-15 years) submitted to mechanical ventilation at a pediatric intensive care unit who were extubated and for whom pre-extubation ventilometry data were available, including the VD/VT ratio. Extubation success was defined as no need for any type of ventilatory support, invasive or otherwise, within 48 hours. Patients who tolerated extubation, with or without noninvasive support, were defined as success-R and compared with those who were reintubated. Statistic analysis was based on a VD/VT cutoff point of 0.65.

**Results:** During the study period 250 children received mechanical ventilation at the pediatric intensive care unit. Eighty-six of these children comprised the study sample. Twenty-one children (24.4%) met the criteria for extubation failure, with 11 (12.8%) of these requiring non-invasive support and 10 (11.6%) reintubation. Their mean age was 16.8 ( $\pm 30.1$ ) months (median = 5.5 months). The mean VD/VT ratio for all cases was 0.62 ( $\pm 0.18$ ). Mean VD/VT ratios for patients with successful and failed extubations were 0.62 ( $\pm 0.17$ ) and 0.65 ( $\pm 0.21$ ) ( $p = 0.472$ ), respectively. Logistic regression failed to reveal any statistically significant correlation between VD/VT ratio and success or failure of extubation ( $p = 0.8458$ ), even for patients who were reintubated ( $p = 0.5576$ ).

**Conclusions:** In a pediatric population receiving mechanical ventilation due to a variety of etiologies, the VD/VT ratio was unable to predict the populations at risk of extubation failure or of reintubation.

*J Pediatr (Rio J).* 2006;82(5):347-53: Respiratory failure, lung disease, respiratory dead space, pulmonary volume measurement, artificial respiration, child.

1. Doutor em Pediatria, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, SP. Chefe, Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica, Hospital Universitário, USP, São Paulo, SP. Departamento de Pediatria, Faculdade de Medicina, USP, São Paulo, SP.
2. Professor livre-docente, Faculdade de Medicina, USP, São Paulo, SP.
3. Mestre, Faculdade de Medicina, USP, São Paulo, SP. Médica assistente, Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica, Hosp. Universitário, USP, São Paulo, SP.
4. Médico assistente, Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica, Hospital Universitário, USP, São Paulo, SP.
5. Mestre, Faculdade de Medicina, USP, São Paulo, SP. Médica assistente, Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica, Hosp. Universitário, USP, São Paulo, SP.
6. Professor titular, Departamento de Pediatria, Faculdade de Medicina, USP, São Paulo, SP. Chefe, Departamento de Pediatria, Faculdade de Medicina, USP, São Paulo, SP.

Artigo submetido em 19.01.06, aceito em 07.06.06.

**Como citar este artigo:** Bousso A, Ejzenberg B, Ventura AM, Fernandes JC, Fernandes IC, Góes PF, et al. Evaluation of the dead space to tidal volume ratio as a predictor of extubation failure. *J Pediatr (Rio J)*. 2006;82:347-53.

## Introdução

A extubação de crianças em unidades de terapia intensiva tem importante implicação na morbimortalidade de um grande contingente de pacientes criticamente enfermos ou em pós-operatório. A retirada da cânula pelo intensivista é um dos principais objetivos terapêuticos intermediários para a evolução clínica dos casos internados nessas unidades<sup>1</sup>. Em todos os casos, a oportunidade da extubação deve ser avaliada frente aos riscos envolvidos tanto na retirada precoce como na permanência supérflua da cânula.

Quando a extubação é precoce, podem ocorrer a falência respiratória e o óbito<sup>2,3</sup>. Quando a extubação é tardia, aumenta o período de ventilação mecânica, de permanência na unidade de terapia intensiva e de complicações graves, como a pneumonia, além de aumentar os custos do tratamento<sup>4-6</sup>. Dessa forma, a decisão acerca do adequado momento de realizar a extubação deve ser baseada em critérios acurados, objetivos e reproduzíveis. Isso ainda não é completamente possível, segundo diversos autores e colegiados médicos<sup>7,8</sup>.

Nos últimos anos, vários estudos controlados em pacientes adultos têm tentado encontrar parâmetros e critérios objetivos e precisos para determinar o momento apropriado de retirada do respirador e da extubação. Mesmo com equipes experientes, a aplicação rotineira desses critérios clínico-laboratoriais preditivos do sucesso do desmame tem uma significativa taxa de falha de extubação e reintubação. São descritas falhas em até 17 a 25% dos adultos, conforme o perfil da unidade de tratamento intensivo<sup>4</sup>.

Também na faixa etária pediátrica, vários parâmetros clínico-laboratoriais foram avaliados com o intuito de promover a extubação com maior sucesso. Os resultados, entretanto, igualmente apontam para taxas de falha de extubação entre 10 e 28%<sup>9,10</sup>.

A relação entre espaço morto e volume corrente (VD/VT) já foi empregada para a identificação de tromboembolismo pulmonar<sup>11,12</sup>, no manejo de doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC)<sup>13</sup>, na avaliação do prognóstico da síndrome do desconforto respiratório agudo<sup>14</sup>, para determinar a presença de disfunção pulmonar em adultos com sepse<sup>15</sup> e como fator discriminador de desmame da ventilação mecânica<sup>16</sup>. Em crianças, embora com experiência mais restrita, o índice VD/VT já foi estudado como determinante de gravidade de hérnia diafragmática em recém-nascidos<sup>17</sup>, como parâmetro do grau de lesão pulmonar em crianças sob ventilação mecânica<sup>18</sup> e como marcador de intensidade de lesão pulmonar na síndrome de desconforto respiratório agudo<sup>19</sup>.

O objetivo do presente estudo foi avaliar o índice VD/VT como preditivo de falha na extubação de crianças submetidas a ventilação mecânica em uma unidade de tratamento intensivo pediátrica (UTIP) de um hospital geral.

## Métodos

Empregou-se uma coorte prospectiva com todos os casos que foram submetidos a ventilação mecânica na UTIP e que preencheram os critérios de inclusão e não os de

exclusão, no período de setembro de 2001 a janeiro de 2003.

O trabalho foi aprovado pelas comissões de ética em pesquisa do Hospital Universitário da Universidade de São Paulo e do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Os casos foram incluídos após a obtenção do consentimento informado escrito pelos pais ou responsáveis legais pela criança.

Os critérios de inclusão foram: a) idade de 0 a 15 anos incompletos; b) paciente intubado em ventilação mecânica na UTIP; c) uso de ventilação mecânica por 8 horas ou mais; e d) criança cujo desmame atingiu os seguintes parâmetros ventilatórios de extubação: fração inspirada de oxigênio  $\leq 40\%$ ; frequência respiratória  $\leq 8$  rpm; pico inspiratório  $\leq 20$  cmH<sub>2</sub>O; e pressão expiratória final  $\leq 8$  cmH<sub>2</sub>O.

Os critérios de exclusão foram os seguintes: a) cardiopatias cianóticas; b) pneumopatias crônicas; c) idade  $< 28$  dias de vida com peso de nascimento menor de 2.500 g; d) doenças neuromusculares; e) escape de tubo endotraqueal  $> 30\%$  (medida foi obtida com o uso de monitor de mecânica respiratória); f) obstrução respiratória alta como causa de intubação; g) extubação acidental; h) transferência da unidade; i) óbito antes da extubação; j) negativa dos pais ou responsáveis legais em assinar o consentimento informado; k) crianças que atingiram os parâmetros de extubação nos plantões noturnos, nos finais de semana e feriados; l) segunda intubação de uma criança já incluída no protocolo; e m) crianças que, no período de 48 horas pós-intubação, apresentassem escore de Downes & Raphaely<sup>20</sup> para obstrução alta superior a quatro.

De todos os pacientes incluídos no estudo, foram obtidos: a) a idade, sexo, história, exame físico, diagnósticos iniciais e estado nutricional de acordo com o padrão do National Center for Health Statistics (NCHS); b) a descrição da intubação e de eventuais problemas; c) o escore de gravidade *Pediatric Risk of Mortality* (PRISM) à admissão; d) a PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> à admissão; e) exames laboratoriais seriados: gasometrias diárias e dosagens de hemoglobina e hematócrito a cada 3 dias; f) os parâmetros ventilatórios, que foram monitorados diuturnamente pela equipe da UTIP; g) o registro diário da utilização de drogas para sedação e analgesia; h) o registro do tempo de ventilação mecânica até a extubação.

Todas as crianças foram submetidas a ventilação mecânica com respirador Newport Wave® (Newport Wave®, Newport Medical Instruments, Newport Beach, Califórnia, EUA), que permitia a aplicação de pressão de suporte. O tratamento ventilatório, na unidade, segue as normas estabelecidas pela Sociedade Brasileira de Pneumologia e pela Associação de Medicina Intensiva Brasileira<sup>21</sup>, e o desmame foi feito segundo as normas estabelecidas pela força-tarefa do American College of Chest Physicians<sup>4</sup>.

Uma vez que a criança estivesse em condições de extubação, era submetida, por um período de 20 minutos, aos seguintes parâmetros ventilatórios: pressão de suporte suficiente para gerar um volume corrente de 6 mL/kg, frequência respiratória de zero, pressão expiratória final positiva de 5-8 cmH<sub>2</sub>O e FiO<sub>2</sub>  $\leq 0,4$ . Para tal, o menor ajuste

foi realizado. Terminado esse período de 20 minutos sob pressão de suporte, era realizada uma gasometria arterial e anotados os dados da mecânica respiratória – pressão média de via aérea, pressão inspiratória, pressão expiratória final positiva (*positive end expiratory pressure*, PEEP), complacência dinâmica, resistência da via aérea e o volume corrente expirado. Procedia-se, então, ao cálculo do índice VD/VT, usando o monitor CO<sub>2</sub>SMO-*plus*<sup>®</sup> (CO<sub>2</sub>SMO-*plus*, Dixtal Equipamentos Médicos<sup>®</sup>, São Paulo, SP). O monitor CO<sub>2</sub>SMO-*plus* foi avaliado favoravelmente quanto à sua acurácia, e os estudos são unânimes em afirmar que há alta correlação entre a ETCO<sub>2</sub> e a PaCO<sub>2</sub><sup>22</sup>.

Após a extubação, os pacientes foram tratados clinicamente de acordo com as necessidades individuais. Foram registrados os seguintes dados: de desconforto respiratório, frequência respiratória, batimento de asa de nariz e uso de musculatura acessória; de hipóxia pelo oxímetro de pulso e/ou gasometria arterial (SatO<sub>2</sub> < 90% e PaO<sub>2</sub> < 60 mmHg); de hipoventilação pela gasometria arterial (PaCO<sub>2</sub> > 45 mmHg); e foi aplicado o escore de Downes e Raphaely para obstrução alta. Os registros dos dados de desconforto respiratório, oximetria de pulso e do escore de Downes e Raphaely foram realizados a cada hora nas primeiras 3 horas, a cada 3 horas nas 9 horas seguintes e a cada 6 horas nas 36 horas seguintes, completando um período de 48 horas de observação pós-extubação. A gasometria arterial foi colhida com 3, 12, 24 e 36 horas pós-extubação. Os pacientes foram observados continuamente e reavaliados a qualquer intercorrência.

Falha na extubação foi definida do ponto de vista clínico ou gasométrico. Clinicamente, pela ocorrência de dois ou mais dos seguintes critérios: aumento de 40% na frequência respiratória normal para a idade; apnéia > 20 segundos; retrações supraesternais e subdiafragmáticas; cianose. Do ponto de vista gasométrico, a falha foi definida quando a PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> < 200 ou PaCO<sub>2</sub> > 45 mmHg com pH < 7,35. Nessa circunstância, foi priorizado o uso de pressão positiva de via aérea em dois níveis (BiPAP) para todas as crianças, exceto para os recém-nascidos que fizeram uso de pressão contínua das vias aéreas (CPAP). O uso do BiPAP foi feito com o aparelho BiPAP Vision (BiPAP Vision<sup>®</sup>, Respironics Inc., Carlsbad, Califórnia, EUA). Nas contra-indicações para o uso do BiPAP, foi utilizado o CPAP. Se, sob uso de BiPAP ou CPAP, a criança não fosse capaz de manter uma PaO<sub>2</sub> ≥ 80 mmHg sob uma FiO<sub>2</sub> = 0,6, a mesma era reintubada e colocada em ventilação mecânica. O protocolo encerrava-se caso houvesse a reinstalação de algum tipo de ventilação assistida, invasiva ou não, ou ao final de 48 horas nos casos bem sucedidos. O sucesso na extubação foi definido pela evolução de 48 horas, sem o uso de qualquer tipo de suporte respiratório. Em contrapartida, definiu-se como sucesso-R a evolução em 48 horas sem necessidade de reintubação.

O índice VD/VT, com corte ≤ 0,65, foi avaliado, pelo teste do qui-quadrado, com relação à falha de extubação. Foram, também, determinadas a sensibilidade, especificidade e a razão de verossimilhança. Procedeu-se à análise univariada entre as diferentes variáveis clínicas e laboratoriais e o índice VD/VT pelo teste *t* de Student não-pareado. As

possíveis correlações entre o índice VD/VT e o sucesso na extubação foram avaliadas através de regressão logística multivariada, para correlações entre o índice VD/VT com os vários parâmetros que apresentaram um valor de *p* < 0,25 na análise univariada. Os resultados foram considerados significativos quando verificado um valor de *p* < 0,05. Foram ainda calculados intervalos de confiança de 95% (IC95%) para todas as estimativas.

## Resultados

Durante o período de estudo, 250 crianças foram submetidas a ventilação mecânica na UTIP. Destas, 86 foram selecionadas, segundo os critérios de inclusão e exclusão, constituindo a amostra do estudo. Destes 86 pacientes, 44 (51,1%) eram do sexo masculino. Vinte e uma crianças (24,4%) preencheram o critério de falha de extubação, sendo que 11 (12,8%) utilizaram suporte respiratório não-invasivo e 10 (11,6%) foram reintubadas. A idade média da amostra foi de 16,8 (±30,1) meses, com uma mediana de 5,5 meses.

A Tabela 1 apresenta, de forma agrupada, os principais diagnósticos de admissão dos casos da amostra total, dos casos de falha de extubação e dos reintubados. O número total de diagnósticos excede o número de pacientes, pois várias crianças apresentavam mais do que um diagnóstico à entrada.

A média do índice VD/VT de todos os casos foi de 0,62 (±0,18). As médias e desvios padrão do índice VD/VT para os pacientes que tiveram a extubação bem sucedida e para os que falharam foram, respectivamente, 0,62 (±0,17) e 0,65 (±0,21) (*p* = 0,472). As médias e desvios padrão do VD/VT dos pacientes que toleraram a extubação (sucesso-R), em comparação com os que foram reintubados, foram, respectivamente, 0,62 (±0,18) e 0,64 (±0,21) (*p* = 0,765).

O índice VD/VT (média e desvio padrão) dos pacientes que fizeram uso de suporte não-invasivo (*n* = 11) e dos que foram reintubados (*n* = 10) foi, respectivamente, 0,65±0,22 e 0,64±0,21 (*p* = 0,170).

Com relação ao desempenho do índice em termos de sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo, observamos que, para falha de extubação, a sensibilidade foi de 72,3% (IC95% 60,0-81,7) e a especificidade foi de 61,9% (IC95% 40,8-79,2), com valor preditivo positivo de 85,4% (IC95% 73,8-92,4) e valor preditivo negativo de 41,9% (IC95% 26,4-59,2). Para reintubação, os valores foram 65,8% (IC 95% 54,6-75,4); 50,0% (IC95% 26,3-76,3); 90,9% (IC95% 80,4-96,0%) e 16,1% (IC95% 7,1-32,6), respectivamente.

A curva ROC (*receiver operating characteristic*) do índice VD/VT para a falha de extubação mostrou que o índice tem fraco desempenho em prever a falha de extubação com área abaixo da curva (AUC) de 0,621.

A razão de verossimilhança positiva do índice VD/VT, com corte de 0,65, para falha de extubação foi de 1,89, ao passo que, no caso de o índice resultar > 0,65, a chance de sucesso é de 0,45. No caso dos reintubados, a razão positiva foi de 1,31, e a negativa, de 0,68.

**Tabela 1** - Principais diagnósticos de admissão dos 86 pacientes estudados

Diagnóstico	Nº de diagnósticos (n = 86)*	Nº de diagnósticos Falha de extubação (n = 21)	
		Uso de ventilação não-invasiva (n = 11)*	Reintubados (n = 10)*
Broncopneumonia	58	10	9
Sepse e/ou choque séptico	23	6	1
Bronquiolite, bebê chiador	24	1	2
Meningite e/ou quadros neurológicos agudos	16	2	3
Aspiração meconial e/ou hipertensão pulmonar	9	2	3
Distúrbios hidroeletrólíticos e/ou ácido-básicos	3	0	1
Pós-operatório	3	0	0
Miscelânea	6	1	1
Total	142	22	20

\* Ocorreram casos com mais de um diagnóstico.

Os dados referentes às características demográficas, clínicas e ventilatórias, como fatores preditivos de falha de extubação e reintubação, estão apresentados na Tabela 2. Percebe-se que, na análise univariada, apenas a saturação de O<sub>2</sub> pré-extubação e a PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> de admissão mostraram diferença significativa, com p = 0,041 e p = 0,022, respectivamente.

Na análise univariada das características demográficas e dos dados clínico-ventilatórios pré-extubação, para os pacientes reintubados, não houve diferença estatística em nenhum dos fatores estudados.

O valor preditivo do índice VD/VT para falha de extubação e reintubação foi avaliado em associação com outros parâmetros preditivos demográficos e clínico-ventilatórios, através de regressão logística e análise multivariada. Para a análise multivariada, foram escolhidos os parâmetros que resultaram em p < 0,25 na análise univariada (Tabela 2). Os resultados da regressão logística estão apresentados na Tabela 3. Dessa tabela, é possível verificar que o índice VD/VT com corte em 0,65 não apresentou correlação estatisticamente significativa com o sucesso ou não da extubação (p = 0,8458), nem com a ocorrência de reintubação (p = 0,5576). Dos parâmetros estudados, houve uma associação significativa da falha de extubação com a PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> à admissão. Nesse caso, houve correlação inversa entre a PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> da admissão com a falha de extubação (p < 0,0001). Esses dados indicaram que, para cada unidade a mais na relação PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> admissional, houve uma redução de 0,6% no risco de falha de extubação.

O único parâmetro preditivo associado ao sucesso-R foi o pH arterial pré-extubação. Nesse caso, cada 0,01 de aumento do pH em relação à média determinou 13% de incremento no sucesso da extubação.

## Discussão

O índice VD/VT como preditivo de sucesso da extubação foi avaliado com relação a dois objetivos – manter-se sem nenhum suporte respiratório (sucesso) e não ser reintubado (sucesso-R). O estudo de Hubble et al.<sup>23</sup>, que aplicou estratégia semelhante de análise, encontrou dados bem distintos dos aqui encontrados. Esses autores observaram uma significativa diferença da média do VD/VT entre os pacientes extubados e os que falharam (0,44±0,17 *versus* 0,68±0,16; p = 0,0001).

É importante salientar, entretanto, que a casuística de Hubble et al.<sup>23</sup> era composta por 45 pacientes com faixa etária de 1 semana a 18 anos, com média de idade de 43 (±62) meses. Destes, 21 estavam ventilados em pós-operatório de cirurgia eletiva, 21 tinham lesões pulmonares agudas e três pacientes eram vítimas de trauma. Considerando que os pacientes de pós-operatório apresentavam-se em boas condições gerais e com parênquima pulmonar normal, é possível que essas condições tenham favorecido o sucesso de extubação mesmo para pacientes nas faixas mais altas do índice VD/VT. A pesquisa de Hubble et al.<sup>23</sup> incluiu apenas 21 casos com doença pulmonar. Diferentemente, em nossa pesquisa, avaliamos essencialmente lactentes, pois tivemos média de idade de 16,8 (±30,1) meses e mediana de 5,5 meses. Adicionalmente, apresentavam doença aguda grave e, de modo geral, com algum tipo de lesão pulmonar.

A curva ROC, que integra a sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo, mostra que o comportamento do índice VD/VT foi muito limitado na sua capacidade de identificar as crianças com risco de falha de extubação (AUC = 0,621). Esse achado novamente diverge dos dados observados por Hubble et

**Tabela 2** - Características demográficas, clínicas e ventilatórias pré-extubação como fatores preditivos de falha de extubação e reintubação

Características clínico-demográficas*	Sucesso (n = 65)	Falha de extubação <sup>†</sup> (n = 21)	p	Sucesso-R (n = 76)	Reintubação (n = 10)	p
Idade (meses)	16,67 (±32,23)	17,34 (±23,45)	0,931	15,84 (±30,28)	24,41 (±30,00)	0,402
Mediana	6,0	6,0		5,0	13,5	
Peso médio (g)	8701,8 (±8343,3)	11085,7 (±13626,8)	0,338	9139,8 (±10101,46)	10378,9 (±8113,82)	0,823
Nº de recém-nascidos (%)	11 (±16,9)	4 (±19,4)	0,826	13 (±17,0)	2 (±20,0)	0,711
PRISM‡	12,5 (±6,09)	13,2 (±7,71)	0,713	12,95 (±6,36)	10,0 (±6,58)	0,251
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> admissão	223,3 (±62,41)	187,8 (±55,03)	0,022	218,64 (±61,16)	184,40 (±65,75)	0,103
Tempo de VM (horas)	124,2(±104,71)	145,6(±131,74)	0,447	127,15(±102,5)	146,93(±171,28)	0,601
Mediana	95,6	107,0		95,5	95	
Hemoglobina (g/dL)	11,46 (±2,01)	11,37 (±2,21)	0,860	11,46 (±2,09)	11,31 (±1,82)	0,831
Nº de crianças sob sedação (%)	15 (±23,1)	7 (±33,3)	0,355	20 (±26,3)	2 (±20,0)	0,671
pH arterial	7,41 (±0,06)	7,38 (±0,06)	0,151	7,40 (±0,06)	7,37 (±0,07)	0,089
PaO <sub>2</sub> (mmHg)	88,85 (±32,34)	75,62 (±17,47)	0,077	86,52 (±30,93)	78,80 (±19,86)	0,446
PaCO <sub>2</sub> (mmHg)	37,23 (±8,06)	37,10 (±7,02)	0,946	37,48 (±7,98)	35,11 (±5,96)	0,369
SatO <sub>2</sub> (%)	95,55 (±4,02)	93,30 (±5,16)	0,041	95,26 (±4,06)	93,00 (±6,40)	0,301
FiO <sub>2</sub> (%)	30,45 (±5,57)	30,76 (±4,71)	0,816	30,33 (±5,47)	32,00 (±4,22)	0,356
Frequência respiratória (rpm)	45,2 (±15,08)	48,9 (±19,81)	0,369	46,17 (±15,43)	46,00 (±23,03)	0,975
Volume corrente expirado (mL)	53,37 (±43,48)	53,71 (±46,53)	0,975	50,46 (±41,32)	76,17 (±58,15)	0,082
PIP (cmH <sub>2</sub> O)	19,17 (±2,69)	18,90 (±2,81)	0,699	19,17 (±2,64)	18,60 (±3,27)	0,533
PEEP (cmH <sub>2</sub> O)	5,49 (±0,94)	5,57 (±0,93)	0,737	5,55 (±0,96)	5,20 (±0,63)	0,262
MAP (cmH <sub>2</sub> O)	7,80 (±1,79)	8,48 (±2,32)	0,166	8,00 (±1,95)	7,70 (±1,89)	0,648
Pressão de suporte (cmH <sub>2</sub> O)	8,92 (±2,17)	8,19 (±2,34)	0,191	8,83 (±2,18)	8,10 (±2,56)	0,333
Complacência dinâmica (mL/cmH <sub>2</sub> O)	13,3 (±11,7)	14,3 (±17,2)	0,766	12,52 (±11,25)	21,54 (±22,5)	0,242
Resistência expiratória (cmH <sub>2</sub> O/L/s)	32,24 (±22,95)	40,90 (±48,57)	0,438	35,76 (±32,29)	23,70 (±17,0)	0,251

MAP = pressão média das vias aéreas; PEEP = pressão expiratória final positiva; PIP = pico de pressão inspiratória; PRISM = *Pediatric Risk of Mortality*; VM = ventilação mecânica.

\* Dados expressos em média e desvio padrão, exceto naqueles especificados diferentemente.

† Demanda por reintubação ou por suporte não-invasivo.

‡ Não aplicável aos 15 recém-nascidos.

al.<sup>23</sup>. Esses autores descreveram uma sensibilidade de 72% e uma especificidade de 92%.

As estimativas da razão de verossimilhança do índice VD/VT, encontradas em nosso estudo, apontam para uma limitada predição de sucesso ou falha, mas sugerem haver alguma associação com o evento clínico da extubação. Até o momento, entretanto, não há outro estudo que tenha avaliado o VD/VT em termos da razão de verossimilhança.

A análise multivariada de indicadores preditivos de falha de extubação e reintubação que tiveram um valor de  $p < 0,25$  na análise univariada identificou que o índice VD/VT não apresentou significativa associação com esses desfechos. Nossos dados outra vez se contrapõem aos resultados de Hubble et al.<sup>23</sup>, que encontraram, na regressão logística, uma forte associação entre o VD/VT  $> 0,65$  e o fracasso na extubação ( $p < 0,002$ ). O significado clínico do índice VD/VT será mais conhecido após o término de um estudo multicêntrico, que pretende incluir aproximadamente 1.300 crianças, atualmente em curso em 12 UTIP norte-americanas, patrocinado pelo *Pediatric Acute Lung Injury Clinical Investigators* (PALICI-Network). Os motivos pelo qual o índice VD/VT não constituiu um bom parâmetro

preditivo do sucesso na extubação devem ser avaliados, especialmente por diferirem do estudo pioneiro de Hubble et al.<sup>23</sup>. Algumas hipóteses podem ser formuladas com base nas características da amostra estudada, na terapêutica realizada, especialmente quanto ao uso da assistência respiratória mecânica.

A população de estudo foi predominantemente composta por lactentes jovens, fato que pode ter prejudicado o desempenho do índice VD/VT. Existem características fisiopatológicas próprias da baixa idade: o pequeno lactente apresenta menor resistência à fadiga muscular<sup>24</sup>; tem uma tosse menos eficaz; menor capacidade de eliminar secreções respiratórias; e apresenta uma via aérea proporcionalmente mais estreita<sup>25</sup>. Essas características não são avaliáveis pelo índice VD/VT. Os pacientes estudados por Hubble et al.<sup>23</sup> eram de uma faixa etária maior, admitindo, inclusive, adolescentes de até 18 anos de idade. Não havendo as influências acima, o índice VD/VT pode ter retratado mais apropriadamente o risco de falha de extubação.

Outros inúmeros fatores que poderiam ter influenciado o desempenho do índice VD/VT<sup>26-28</sup> foram estudados e considerados não significantes para a população estudada.

**Tabela 3** - Análise multivariada, com regressão logística, de indicadores de falha de extubação e reintubação: o índice VD/VT e parâmetros clínicos\*

	Parâmetro	p	Odds ratio	IC95%
Falha de extubação	PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> admissão	< 0,0001	1,006	(1,003-1,008)
	pH	0,5873		
	PO <sub>2</sub>	0,2973		
	SatO <sub>2</sub>	0,9765		
	MAP	0,2954		
	PS	0,2300		
	VD/VT ≥ 0,65	0,8458		
Reintubação	pH	0,0259	1,134	(1,015-1,267)
	PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> admissão	0,0559		
	Volume corrente expirado	0,1465		
	Complacência dinâmica	0,1845		
	VD/VT ≥ 0,65	0,5576		

IC95% = intervalo de confiança de 95%; MAP = pressão média das vias aéreas; PS = pressão de suporte; VD/VT = relação entre espaço morto e volume corrente.

\* Parâmetros com p < 0,25 na análise univariada.

Foi o caso do número de recém-nascidos; do tempo de ventilação mecânica; da incidência de laringite pós-extubação e da presença de anemia.

Entretanto, a presença e o grau de disfunção muscular pós-ventilação mecânica é de difícil avaliação. A disfunção muscular pode ter exercido um efeito de impacto na capacidade dos pacientes que falharam em sustentar a sua função respiratória de forma desassistida.

É reconhecido que o paciente com uma lesão pulmonar mais intensa na admissão tem maiores dificuldades para dispensar o suporte respiratório<sup>12</sup>. Entretanto, se o paciente consegue tolerar a redução gradual dos parâmetros ventilatórios, por que não se sustenta após a extubação? É possível que o processo que agrediu o pulmão tão intensamente, no início da ventilação mecânica, ainda provoque alterações estruturais importantes que mantenham o doente no limite da viabilidade, na vigência de baixos parâmetros no respirador. Uma vez extubado, entretanto, o paciente não conseguiria sustentar-se devido a essas alterações, que afetam a função pulmonar. Outra possibilidade é que o paciente com piores relações de PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> à entrada seja submetido a um regime mais intenso de tratamento, com parâmetros de ventilação mais agressivos, ocasionando assim uma maior disfunção de musculatura torácica no período pós-extubação. Essa hipótese foi também sugerida por Manczur et al.<sup>29</sup>. Argumentam que a intensidade da doença pode ser fator a influenciar o êxito da extubação.

O pH arterial pré-extubação teve uma associação significativa com o sucesso-R (p = 0,0259) à análise multivariada. Neste caso, a acidose favoreceria o fracasso. Na amostra estudada, para cada incremento de 0,01 unidades no pH, houve um aumento de 13% no sucesso na extubação. Embora as alterações no pH arterial sejam aparentemente

pequenas, é possível que esse achado nos reintubados esteja vinculado com a ocorrência de hipoxemia e disfunção metabólica por produção de ácidos orgânicos. Essa avaliação não é referida nos estudos disponíveis até o momento e necessita ser reproduzida em estudos com casuísticas maiores.

Concluímos que, em uma população pediátrica submetida a ventilação mecânica, por etiologias variadas, o índice VD/VT, com corte em 0,65, não possibilitou prever qual a população de risco para falha de extubação ou reintubação.

### Referências

- Steinhorn DM, Green T. The treatment of acute respiratory failure in children: a historical examination of landmark advances. *J Pediatr*. 2001;139:604-8.
- Gil B, Frutos-Vivar F, Esteban A. Deleterious effects of reintubation of mechanical ventilated patients. *Clin Pulm Med*. 2003;10:226-30.
- Rothaar RC, Epstein SK. Extubation failure: magnitude of the problem, impact on outcomes, and prevention. *Curr Opin Crit Care*. 2003;9:59-66.
- Meade M, Guyatt G, Cook D, Griffith L, Sinuff T, Kergl C, et al. Predicting success in weaning from mechanical ventilation. *Chest*. 2001;120:400S-24S.
- Teague WG. Noninvasive ventilation in the pediatric intensive care unit for children with acute respiratory failure. *Pediatr Pulmonol*. 2003;35:418-26.
- Kurachek SC, Newth CJ, Quasney MW, Rice T, Sachdeva RC, Patel NR, et al. Extubation failure in pediatric intensive care: a multiple-center study of risk factors and outcomes. *Crit Care Med*. 2003;31:2657-64.
- Hughes MR, Smith CD, Tecklenburg FW, Habib DM, Hulsey TC, Ebeling M. Effects of a weaning protocol on ventilated pediatric intensive care unit (PICU) patients. *Top Health Inf Manage*. 2001;22:35-43.
- Epstein SK. Controversies in weaning from mechanical ventilation. *J Intensive Care Med*. 2001;16:270-86.

9. Farias JA, Alia I, Retta A, Olazarri F, Fernández A, Esteban A, et al. An evaluation of extubation failure predictors in mechanically ventilated infants and children. *Intensive Care Med.* 2002;28:752-7.
10. Noizet O, Leclerc F, Riou Y, Sadik A. Weaning from mechanical ventilation in children (except neonates). *Reanim.* 2004;13:21-8.
11. Eriksson L, Wollmer P, Olsson CG, Albrechtsson U, Larusdottir H, Nilsson R, et al. Diagnosis of pulmonary embolism based upon alveolar dead space analysis. *Chest.* 1989;96:357-62.
12. Kline JA, Kubin AK, Patel MM, Easton EJ, Seupal RA. Alveolar dead space as a predictor of severity of pulmonary embolism. *Acad Emerg Med.* 2000;7:611-7.
13. Manthous CA, Goulding P. The effect of volume infusion on dead space in mechanically ventilated patients with severe asthma. *Chest.* 1997;112:843-6.
14. Nuckton TJ, Alonso JA, Kallet RH, Daniel BM, Pittet JF, Eisner MD, et al. Pulmonary dead-space fraction as a risk factor for death in the acute respiratory distress syndrome. *New Engl J Med.* 2002;346:1281-6.
15. Cala K, Pilas V, Vucic N. VD/VT test in the detection of pulmonary dysfunction in sepsis. *Crit Care.* 2004;8:P20.
16. Nozawa E, Kobayashi E, Matsumoto ME, Feltrim MI, Carmona MJ, Auler JJ. Assessment of factors that influence weaning from long-term mechanical ventilation after cardiac surgery. *Arq Bras Cardiol.* 2003;80:301-10.
17. Arnold JH, Bower LK, Thompson JE. Respiratory deadspace measurements in neonates with congenital diaphragmatic hernia. *Crit Care Med.* 1995;23:371-5.
18. Lum L, Saville A, Venkataraman ST. Accuracy of physiologic deadspace measurement in intubated pediatric patients using a metabolic monitor: comparison with the Douglas bag method. *Crit Care Med.* 1998;26:760-4.
19. Coss-Bu JA, Walding DL, David YB, Jefferson LS. Dead space ventilation in critically ill children with lung injury. *Chest.* 2003;123:2050-6.
20. Downes JJ, Raphaely RC. Pediatric intensive care. *Anesthesiology.* 1975;43:238-50.
21. Farias AMC, Guanaes A, Carvalho CRR, David CMN, Mena Barreto SS, Terzi RGG. II Consenso brasileiro de ventilação mecânica. *J Pneumol.* 2000;25:1-68.
22. Ball JA, Grounds RM. Calibration of three capnographs for use with helium and oxygen gas mixtures. *Anaesthesia.* 2003;58:156-60.
23. Hubble CL, Gentile MA, Tripp DS, Craig DM, Meliones JN, Cheifetz IM. Deadspace to tidal volume ratio predicts successful extubation in infants and children. *Crit Care Med.* 2000;28:2034-40.
24. Mulreany LT, Weiner DJ, McDonough JM, Panitch HB, Allen JL. Noninvasive measurement of the tension-time index in children with neuromuscular disease. *J Appl Physiol.* 2003;95:931-7.
25. Manczur TI, Greenough A, Pryor D, Rafferty GF. Comparison of predictors of extubation from mechanical ventilation in children. *Pediatr Crit Care Med.* 2000;1:28-32.
26. Dimitriou G, Greenough A, Endo A, Cherian S, Rafferty GF. Prediction of extubation failure in preterm infants. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2002;86:F32-5.
27. Edmunds S, Weiss I, Harrison R. Extubation failure in a large pediatric ICU population. *Chest.* 2001;119:897-900.
28. Randolph AG, Wypij D, Venkataraman ST, Hanson JH, Gedeit RG, Meert KL, et al. Effect of mechanical ventilator weaning protocols on respiratory outcomes in infants and children: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2002;288:2561-8.
29. Manczur TI, Greenough A, Pryor D, Rafferty GF. Assessment of respiratory drive and muscle function in the pediatric intensive care unit and prediction of extubation failure. *Pediatr Crit Care Med.* 2000;1:124-6.

## Correspondência:

Albert Bousso  
Rua Dr. Veiga Filho, 350/307, Santa Cecília  
CEP 01229-000 – São Paulo, SP  
E-mail: abousso@terra.com.br