ALBERT BOUSSO

**Avaliação da relação entre espaço morto e
volume corrente como índice preditivo de
sucesso na retirada da ventilação mecânica
de crianças gravemente enfermas**

Tese apresentada ao Departamento de
Pediatria da Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração: Pediatria

Orientador : Prof. Dr. Bernardo Ejzenberg

**SÃO PAULO
2004**

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Bousso, Albert

**Avaliação da relação entre espaço morto e volume corrente como índice
preditivo de sucesso na retirada da ventilação mecânica de crianças
gravemente enfermas / Albert Bousso. -- São Paulo, 2004.**

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.
Departamento de Pediatria.

Área de concentração: Pediatria.

Orientador: Bernardo Ejzenberg.

Descritores: 1. ESTUDOS DE AVALIAÇÃO 2. ESTUDOS DE COORTES
3. INSUFICIÊNCIA RESPIRATÓRIA/terapia 4. PNEUMOPATIAS/terapia
5. ESPAÇO MORTO RESPIRATÓRIO 6. MEDIDAS DE VOLUME
PULMONAR/métodos 7. RESPIRAÇÃO ARTIFICIAL/métodos 8. VALOR
PREDITIVO DOS TESTES 9. ANÁLISE MULTIVARIADA 10. CRIANÇA
11. ADOLESCÊNCIA

USP/FM/SBD-113/04

Dedico este trabalho:

*À minha querida esposa Regina, pelo amor, apoio, dedicação e
pelas horas roubadas.*

*Aos meus queridos filhos, Fernando e Karina, razões da minha
vida, pelos momentos que deixamos de compartilhar.*

*Aos meus queridos pais, José (in memoriam) e Micheline, por
terem possibilitado a minha formação, pelo incentivo e pelo
reconhecimento incondicional.*

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Bernardo Ejzenberg, exemplo de dedicação acadêmica, que tão bem me conduziu na produção desse trabalho, sempre com estímulo, apoio e amizade.

Ao Prof. Dr. Flávio Adolfo Costa Vaz, pelo apoio e incentivo.

Ao Prof. Dr. Yassuhiko Okay, pela oportunidade.

Ao Dr. Alfredo Elias Gilio, pelo apoio.

Aos colegas e funcionários do laboratório de bioquímica do Hospital Universitário da Universidade de São Paulo, pela colaboração na rápida execução dos exames necessários para a realização deste trabalho.

Aos colegas da Unidade de Terapia Intensiva do Hospital Universitário da USP abaixo discriminados:

À Andréa, pelas sugestões inestimáveis e pela amizade incondicional.

À Daniela, pela ajuda e compreensão.

À Eliane, pelo apoio e consideração.

À Iracema, pela cumplicidade, incentivo, e amizade.

Ao José Carlos, pela amizade, paciência, companheirismo, e pela constante disposição em superar as adversidades.

À Patrícia, pelo estímulo, apoio e amizade.

Ao Shieh, pelo apoio e incentivo.

Ao Dr. Crésio Romeu Pereira, pelo auxílio na análise estatística e revisão do texto, essenciais para a execução desse estudo.

Ao Rogério Ruscitto, pela análise estatística.

À Maria Helena Vargas pela editoração e sugestões sempre pertinentes.

Aos residentes de terceiro ano, Ana Paula, Daniela Akashi, Alessandra, Cláudio, Fábio e Daniela Yoshida, pela valiosa colaboração na coleta dos dados.

Aos residentes de segundo ano do Departamento de Pediatria, pela ajuda na árdua tarefa de coleta dos dados.

À fisioterapeuta Regina, pela inestimável colaboração na execução do protocolo de pesquisa.

Aos colegas da equipe de enfermagem, exemplos de dedicação profissional, pela compreensão e ajuda constantes.

A todos aqueles que, de alguma maneira, contribuíram para que esse sonho se concretizasse.

Às crianças e suas famílias pela participação na pesquisa, mesmo num momento tão difícil.

“Success is the ability to go from one failure to another with no loss of enthusiasm.”

Sir Winston Churchill (1874 - 1965)

Esta tese está de acordo com:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver)

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Serviço de Biblioteca e Documentação
Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. São Paulo: Serviço de Biblioteca e Documentação, 2001.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

SUMÁRIO

Lista de abreviaturas, símbolos e siglas

Lista de quadros

Lista de figuras

Lista de gráficos

Lista de tabelas

Resumo

Summary

1	INTRODUÇÃO	001
1.1	Importação da ventilação mecânica	002
1.2	Aspectos históricos	003
1.3	Aspectos gerais da extubação	006
1.3.1	Estudos em adultos	010
1.3.2	Estudos em crianças	016
1.4	A razão espaço morto: volume corrente	021
1.4.1	Experiência clínica como índice Vd/Vt	026
2	OBJETIVOS	030
2.1	Objetivo principal	031
2.2	Objetivo secundário	031
3	MÉTODOS	032
3.1	Características da unidade	033
3.2	Desenho do estudo	033
3.3	Critérios de inclusão	034
3.4	Critérios de exclusão	034
3.5	Dados de caracterização da população	035
3.6	Execução do protocolo	036
3.7	Análise estatística	041
4	RESULTADOS	042
4.1	Perfil da casuística	043
4.2	Comportamento dos parâmetros clínicos e gasométricos pós extubação	046
4.2.1	Evolução para os pacientes com falha de extubação	046
4.2.2	Evolução dos parâmetros clínicos e gasométricos após a extubação para os pacientes com reintubação	053
4.3	O índice Vd/Vt, falha de extubação e reintubação	059
4.3.1	Distribuição dos resultados do índice Vd/Vt na população de extubados, por intervalos de 0,1	059
4.3.2	Índice Vd/Vt médio, falha de extubação e reintubação	060
4.3.3	Índice Vd/Vt como preditivo de falha de extubação	061
4.3.4	Índice Vd/Vt como preditivo de reintubação	062
4.3.5	Razão de Verossimilhança ("Likelihood Ratio") do índice Vd/Vt para falha de extubação e Reintubação	064

4.4	características demográficas, clínicas e ventilatórias pré-extubação como fatores preditivos de falha de extubação	065
4.5	características demográficas, clínicas e ventilatórias pré-extubação como fatores preditivos de reintubação	067
4.6	Valor preditivo do índice Vd/Vt para falha de extubação, em associação com outros parâmetros preditivos demográficos e clínico-ventilatórios pré-extubação	069
4.7	Valor preditivo do índice Vd/Vt para reintubação, em associação com outros parâmetros preditivos demográficos e clínico-ventilatórios pré-extubação	071
5	DISCUSSÃO	072
5.1	O índice Vd/Vt como preditivo de sucesso na respiração desassistida	073
5.2	Considerações sobre a Pouca Acurácia do Índice Vd/Vt	076
5.2.1	Características da amostra estudada	076
5.2.1.1	Demográficas	076
5.2.1.2	Nosológicas	077
5.2.2	Terapêutica pré-extubação	080
5.3	Outros indicadores respiratórios preditivos do sucesso de extubação	083
5.4	O índice Vd/Vt em comparação com outros índices preditivos	086
5.5	Perspectivas futuras do índice Vd/Vt e índices preditivos de extubação	089
6	CONCLUSÕES	094
7	ANEXOS	096
8	REFERÊNCIAS	110

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

-	- negativo
%	- porcentagem
+	- positivo
<	- menor
=	- igual
>	- maior
±	- mais ou menos
≤	- menor ou igual
≥	- maior ou igual
°C	- graus Celsius
BiPAP	- pressão positiva de via aérea em dois níveis
bpm	- batimentos por minuto
Ca	- cálcio
cmH ₂ O	- centímetros de água
CO ₂	- gás carbônico
CPAP	- pressão contínua das vias aéreas
CROP	- “compliance/rate/oxygenation/pressure index”
DP	- desvio padrão
DPOC	- doença pulmonar obstrutiva crônica
ECMO	- oxigenação por membrana extra-corpórea
ETCO ₂	- pressão de gás carbônico no final da expiração
FC	- frequência cardíaca
FiO ₂	- fração inspirada de oxigênio
FR	- frequência respiratória
g	- gramas
g/dl	- gramas por decilitros
h	- horas
HU-USP	- Hospital Universitário da Universidade de São Paulo
IC	- Intervalo de Confiança
K	- potássio
L/m	- litros por minuto

LR	- “likelihood ratio”
MAP	- pressão média de vias aéreas
Mg	- magnésio
min	- minutos
ml	- mililitros
ml/kg	- milímetros por quilograma
mmHg	- milímetros de mercúrio,
n	- número de pacientes
Na	- sódio
NCHS	- “National Center for Health Statistics”
NE	- Valor não especificado
Nº	- número
O ₂	- oxigênio
p	- nível de significância
PaCO ₂	- pressão arterial de gás carbônico
PaO ₂	- pressão arterial de oxigênio
PEEP	- Pressão positiva na fase final da expiração
pH	- concentração de íons hidrogênio ou hidrogeniônica
PI/PI Max	- Relação entre o pico inspiratório e o pico inspiratório máximo
PRISM	- “Pediatric Risk of Mortality”
resp/min/L	- respirações por minuto por litro
rpm	- respirações por minuto
SatO ₂	- saturação arterial de oxigênio
SDRA	- Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo
sucesso-R	- sucesso em relação ao evento de reintubação
TEP	- trombo-embolismo pulmonar
UTIP	- Unidades de Terapia Intensiva Pediátricas
VC	- volume corrente
Vd/Vt	- razão entre o espaço morto e o volume corrente
VM	- ventilação mecânica
vs	- <i>versus</i>

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais causas de falha da extubação	007
Quadro 2 - Fatores de risco associados à falha de extubação	008
Quadro 3 - Condições propostas pelo II Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica para o Desmame da Ventilação Artificial	011
Quadro 4 - Condições para o desmame da ventilação artificial propostas pela força-tarefa	012
Quadro 5 - Desempenho de diferentes parâmetros respiratórios preditivos de sucesso na extubação, em estudos realizados com adultos	014
Quadro 6 - Desempenho de diferentes parâmetros respiratórios como índices preditivos de extubação, em estudos realizados com crianças	018
Quadro 7 - Interpretação da razão de verossimilhança ("likelihood ratio")	041
Quadro 8 - Causas para exclusão do protocolo de crianças submetidas à ventilação mecânica durante o período de estudo	043
Quadro 9 - Principais diagnósticos de admissão dos 86 pacientes estudados	044
Quadro 10 - Causas para a falha na extubação	045
Quadro 11 - Momento da falha de extubação e reintubação conforme o tempo pós-extubação	045

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -Curva de capnografia com as fases do CO ₂ expirado	023
Figura 2 -Curva de capnografia com traçado do espaço morto das vias aéreas	023
Figura 3 -Curva de capnografia com representação de áreas utilizadas no cálculo do índice Vd/Vt	024
Figura 4 -Monitor CO ₂ SMO- <i>plus</i> utilizado para oximetria, capnografia e mecânica respiratória	037
Figura 5 -Telas do monitor CO ₂ SMO- <i>plus</i> . (A) Capnometria / Oximetria. (B) Tela para medida do Vd/Vt	038
Figura 6 -Fluxograma das sucessivas etapas de execução do protocolo ...	040

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução da frequência cardíaca média nas 48 horas após a extubação para os pacientes com sucesso e falha de extubação*	047
Gráfico 2 - Evolução da frequência respiratória média nas 48 horas após a extubação para os pacientes com sucesso e falha de extubação*	048
Gráfico 3 - Evolução do escore de Downes e Raphaelly médio nas 48 horas após a extubação para os pacientes com sucesso e falha de extubação*	049
Gráfico 4 - Evolução da saturação arterial média de oxigênio nas 48 horas após a extubação para os pacientes com sucesso e falha de extubação*	050
Gráfico 5 - Evolução da PaO ₂ média nas 48 horas após a extubação para os pacientes com sucesso e falha de extubação*	051
Gráfico 6 - Evolução da PaCO ₂ média nas 48 horas após a extubação para os pacientes com sucesso e falha de extubação*	052
Gráfico 7 - Evolução da frequência cardíaca média nas 48 horas após a extubação para os pacientes com sucesso-R e reintubados* ...	053
Gráfico 8 - Evolução da frequência respiratória média nas 48 horas após a extubação para os pacientes com sucesso e reintubados*	054
Gráfico 9 - Evolução do escore de Downes e Raphaelly nas 48 horas pós extubação para os pacientes com sucesso e reintubação*	055
Gráfico 10 - Evolução da saturação arterial de oxigênio nas 48 horas pós extubação para os pacientes com sucesso e reintubação*	056
Gráfico 11 - Evolução da PaO ₂ nas 48 horas pós extubação para os pacientes com sucesso e reintubação*	057
Gráfico 12 - Evolução da PaCO ₂ nas 48 horas pós extubação para os pacientes com sucesso e reintubação*	058
Gráfico 13 - Porcentagem de falha e reintubação de acordo com as faixas do índice Vd/Vt	059

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Índice Vd/Vt (média e desvio padrão) dos pacientes segundo a ocorrência de falha de extubação e reintubação ..	060
Tabela 2 -	Resultados do índice Vd/Vt com corte em 0,65 como preditivo de falha de extubação	061
Tabela 3 -	Desempenho do índice Vd/Vt com corte em 0,65 como preditivo de falha de extubação	062
Tabela 4 -	Resultados do índice Vd/Vt com corte em 0,65 como preditivo de reintubação	063
Tabela 5 -	Desempenho do índice Vd/Vt com corte em 0,65 como preditivo de reintubação	063
Tabela 6 -	“Likelihood Ratio” do índice Vd/Vt com corte em 0,65 para falha de extubação e reintubação	064
Tabela 7 -	Características demográficas, clínicas e ventilatórias pré-extubação como fatores preditivos de falha de extubação	066
Tabela 8 -	Características demográficas, clínicas e ventilatórias pré-extubação como fatores preditivos de reintubação	068
Tabela 9 -	Análise multivariada, com regressão logística, de indicadores de falha de extubação: o índice Vd/Vt e parâmetros clínicos*	070
Tabela 10 -	Análise multivariada, com regressão logística, de indicadores de reintubação: o índice Vd/Vt e parâmetros clínicos*	071

RESUMO

Bouso A. *Avaliação da relação entre espaço morto e volume corrente como índice preditivo de sucesso na retirada da ventilação mecânica de crianças gravemente enfermas* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2004. 131p.

A extubação de crianças em unidades de terapia intensiva é ato com importante implicação na morbimortalidade de um grande contingente de pacientes criticamente enfermos ou em pós-operatório. Quando a extubação é precoce podem ocorrer à falência respiratória e o óbito. Por outro lado, 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. Desta forma, a decisão acerca do adequado momento de realizar a extubação, deve ser baseada em parâmetro(s) acurado(s), objetivo(s) e reprodutível(is). Isto ainda não é completamente possível, pois os critérios para o desmame da ventilação são por vezes pouco objetivos. A medida da relação entre o espaço morto e o volume corrente (V_d/V_t) tem se mostrado útil na estimativa do grau de acometimento pulmonar em diferentes doenças, e nos pacientes sob ventilação mecânica, situações em que o método clínico é impreciso. Desta forma o presente estudo teve como objetivo avaliar o índice V_d/V_t como preditivo de sucesso na extubação de crianças sob ventilação mecânica e secundariamente avaliar parâmetros clínicos e laboratoriais como preditivos de sucesso na extubação. Empreendeu-se uma coorte, prospectiva com todos os casos que foram submetidos à ventilação mecânica na unidade de terapia intensiva pediátrica, e que preencheram os critérios de inclusão e não os de exclusão, no período de setembro de 2001 a janeiro de 2003. Estando em condições de extubação a criança era submetida, por 20 minutos, a parâmetros ventilatórios pré-determinados. Procedia-se então ao cálculo do índice V_d/V_t seguido da extubação. Após a extubação os pacientes foram tratados clinicamente de acordo com as necessidades individuais e foram registrados os dados clínicos, gasométricos e foi aplicado o escore de Downes e Raphaelly para obstrução alta. Considerou-se falha na extubação a necessidade de reinstituição de algum tipo de assistência ventilatória, invasiva ou não, num período de 48 horas. O sucesso na extubação foi definido pela evolução de 48 horas, sem o preenchimento dos critérios acima, definindo-se como sucesso-R a não reintubação. O estudo estatístico incluiu o teste do qui-quadrado, determinação

da sensibilidade, especificidade e razão de verossimilhança, considerando um índice Vd/Vt, com corte $\leq 0,65$, além das análises uni e multivariada entre as diferentes variáveis clínicas e laboratoriais e o índice Vd/Vt. Os resultados foram considerados significativos quando verificado um valor de $p < 0,05$. Foram ainda calculados os intervalos de 95% de confiança para todas as estimativas. Durante o período de estudo, 250 crianças foram submetidas à ventilação mecânica na UTIP. Destas, 86 foram selecionadas, segundo os critérios de inclusão e exclusão e constituíram a amostra do estudo. Dos 86 pacientes da amostra, 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 foi de 16,8 ($\pm 30,1$) meses com uma 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 ($\pm 0,21$) ($p = 0,472$). As médias do Vd/Vt dos pacientes que toleraram a extubação em comparação com os que foram reintubados foram, respectivamente, 0,62 ($\pm 0,18$) e 0,64 ($\pm 0,21$) ($p = 0,765$). Pela razão de verossimilhança verificou-se que, para um índice Vd/Vt $\leq 0,65$, o risco relativo de sucesso é de 1,89, ao passo que um índice $> 0,65$ esta chance é de 0,45. Para a reintubação, a razão de verossimilhança positiva foi de 1,31 e a negativa foi de 0,68. Na análise univariada dos pacientes com falha de extubação, apenas a saturação de O_2 pré-extubação e a PaO_2/FiO_2 à admissão mostraram diferença significativa com $p = 0,041$ e $p = 0,022$, respectivamente. Na análise univariada para os pacientes reintubados, não houve diferença estatística em nenhum dos fatores estudados. Os resultados da regressão logística mostraram que o índice Vd/Vt não apresentou correlação estatisticamente significativa com o sucesso ou não da extubação ($p = 0,8458$). Dos outros parâmetros estudados, o único que revelou uma associação significativa foi a PaO_2/FiO_2 admissão. Neste caso, a menor relação PaO_2/FiO_2 , correlacionou-se com a ocorrência de falha de extubação ($p < 0,0001$). Na análise multivariada do índice Vd/Vt, para reintubação, novamente o índice Vd/Vt não discriminou os pacientes com sucesso ($p = 0,5576$). Encontramos que o único parâmetro com associação significativa foi o pH arterial pré-extubação. Neste caso, ocorre uma chance 13% maior de sucesso na extubação, para cada 0,01 de aumento no pH arterial. Concluímos, portanto, que o índice Vd/Vt médio não discriminou os grupos de falha e sucesso na extubação; que o desempenho individualizado do índice, com corte em 0,65, foi limitado na sensibilidade e especificidade e medianamente satisfatório na

razão de verossimilhança; que na avaliação conjunta do índice Vd/Vt com outros parâmetros clínico-gasométricos, este indicador não mostrou significância como preditivo de sucesso na extubação; que a PaO_2/FiO_2 à admissão mostrou significativa associação com o sucesso de extubação para os pacientes com falha de extubação; e que o pH arterial pré-extubação teve significativa associação com o sucesso da extubação para os pacientes reintubados. Existem indícios de que o índice Vd/Vt possa ter diferente acurácia conforme a população analisada.

SUMMARY

Bouso A. *Evaluation of the deadspace to tidal volume ratio as a predictor of the successful removal of mechanical ventilation in critically ill children* [thesis]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2004. 131p.

The extubation of children in an intensive care unit (ICU) is an act with important implications in terms of morbi-mortality of a significant proportion of critically ill patients or those in the post operative period. If a patient is submitted to an early extubation, respiratory failure and death can occur. On the other hand, when extubation is unnecessarily prolonged, there is an increase in the duration of mechanical ventilation, an increase in the length of stay, an increased risk of complications like pneumonia and there is an important increase in hospitalization costs. Therefore, the decision about the correct timing for extubation must be based on accurate, objective and reproducible parameters. This is not yet completely possible because the available weaning criteria are somewhat subjective and reported rates of extubation failure are between 15 and 20%. The deadspace to tidal volume ratio (V_d/V_t) has been shown to be useful in the evaluation of the degree of lung injury in different diseases and in patients submitted to mechanical ventilation. The objective of this study was to evaluate the V_d/V_t index as a predictor of successful extubation of children submitted to mechanical ventilation and secondarily analyze other clinical or laboratory parameter as predictors of successful extubation. From September, 2001 to January, 2003 a prospective cohort of all patients submitted to mechanical ventilation in the ICU was undertaken and patients who fulfilled inclusion and exclusion criteria were included. Once the patient was considered ready for extubation a preset of ventilatory parameters was applied for 20 minutes. The V_d/V_t ratio was then calculated, followed by the extubation. After extubation, patients were treated according to individual needs and data concerning respiratory distress, arterial blood gases and the Downes and Raphaely score, for upper airway obstruction, were obtained. The need for reinstitution of invasive or non-invasive ventilation in a period of 48 hours was considered extubation failure. A successful extubation was defined as a 48 hour period without the above criteria and a success-R was attributed to patients without reintubation. Statistical analysis included the chi-square test, determination of sensitivity, specificity and likelihood ratios for a V_d/V_t index with a cut-off of ≤ 0.65 . An unpaired Student t-test comparison followed by logistic regression was

applied to analyze the association between different clinical and biochemical variables with the Vd/Vt ratio and the extubation failure. Results were considered statistically significant if $p < 0.05$. Confidence intervals (95%) calculations were made for all results. During the study period 250 children were submitted to mechanical ventilation in the pediatric ICU. Eighty-six patients were included after applying the inclusion and exclusion criteria. Of these, 44 (51.1%) were male. Twenty-one patients failed extubation with 11 (12.8%) needing non-invasive support and 10 (11.6%) reintubation. Mean age was 16.8 (± 30.1) months with a median age of 5.5 months. The mean Vd/Vt ratio for all the sample was 0.63 (± 0.18). The mean Vd/Vt index for successful patients and for those who failed extubation was respectively 0.62 (± 0.17) e 0.65 (± 0.21) ($p = 0.472$). Mean Vd/Vt ratios for patients who were successful as compared with ones reintubated were respectively 0.62 (± 0.18) e 0.64 (± 0.21) ($p = 0.765$). Results of the likelihood ratio pointed out relative risks of success of 1.89 and 0.45 for a Vd/Vt ≤ 0.65 and > 0.65 respectively. For reintubation positive and negative likelihood ratios were 1.31 and 0.68 respectively. With the unpaired Student t-test for failed extubation there was a statistically difference in the pre extubation O₂ saturation and in the PaO₂/FiO₂ on admission with $p = 0.041$ and $p = 0.022$ respectively. Regarding reintubation no variable was statistically significant. The logistic regression analysis showed that the Vd/Vt index had no statistical association with the success, failure of extubation or reintubation ($p = 0.8458$ and 0.5576 respectively). Regarding the risk of failure of extubation, the only parameter to present a significant correlation was the PaO₂/FiO₂ on admission. In this case, low PaO₂/FiO₂ ratios were associated with a greater risk of failure ($p < 0.0001$). The only parameter associated with an increased risk of reintubation was the pre extubation arterial pH. A 13% greater chance of success-R would occur for every 0.01 increase in the arterial pH. We concluded that: the medium Vd/Vt index was unable to discriminate the success and failed extubation groups; the Vd/Vt with a cut-off of 0.65 had a limited performance regarding the sensitivity and specificity and a moderate performance regarding the likelihood ratio; the Vd/Vt index in association with other clinical and laboratorial parameters was unable to predict an extubation success; the PaO₂/FiO₂ on admission showed a significant association with an extubation success for patients with failure of extubation; and that the pre extubation arterial pH was associated with the extubation success for patients who were reintubated. There are some indications that the Vd/Vt index may have different accuracies according to the studied population.

1. *Introdução*

1.1 Importância da Ventilação Mecânica

A ventilação mecânica artificial é um recurso eficiente de manutenção da vida, freqüentemente utilizado no manejo de crianças criticamente enfermas.

Nos Estados Unidos da América a insuficiência respiratória é responsável por 35 a 50% das admissões nas unidades de terapia intensiva pediátricas (Morrison *et al.*, 2002; Scheinhorn *et al.*, 2002) e está associada à taxas de mortalidade de 29 a 94%, conforme o estudo (Lyrene e Truog, 1981; Debruin *et al.*, 1992; Timmons *et al.*, 1995). Nesta situação clínica, o suporte ventilatório mecânico, com intubação, é mandatório (Seneff *et al.*, 1996; Steinhorn e Green, 2001). As indicações que levam ao início e à manutenção da ventilação mecânica são diversas. Alguns pacientes apresentam quadros respiratórios obstrutivos da via aérea superior, outros necessitam de intubação endotraqueal e da instituição do suporte ventilatório para manter pérvia a laringe ou ainda para impedir a aspiração de secreções para o pulmão. Na maior parte dos casos há um agravo pulmonar primário, infecção, atelectasia, hemorragia, broncoconstricção ou aspiração (Steinhorn e Green, 2001). Destes, as pneumopatias agudas associadas à insuficiência respiratória constituem uma condição clínica muito freqüente na faixa etária pediátrica, e representam a principal causa de admissão em unidades de terapia intensiva pediátricas (UTIP) (Mehta e Arnold; 2004). A dependência

ventilatória pode também ser o resultado de alterações graves de outros órgãos e sistemas, como as falências cardíaca, renal e hepática, acompanhadas ou não de doença respiratória; e que levam a um comprometimento pulmonar secundário como edema, atelectasia, inflamação e infecção. A necessidade do ventilador mecânico pode ainda ser devida a um distúrbio do sistema nervoso central ou do sistema neuromuscular. Os diferentes mecanismos etiopatogênicos podem interferir tanto no tempo de permanência em ventilação mecânica quanto no processo de retirada do ventilador (Seneff *et al.*, 1996).

Entretanto, apesar do progresso alcançado, ainda hoje observamos problemas com a prática da ventilação mecânica relativos ao respirador, à cânula, à umidificação e com a determinação do momento oportuno da interrupção do suporte respiratório.

1.2 Aspectos Históricos

Existem referências escritas do uso de uma via aérea artificial para alívio de obstrução respiratória alta desde os tempos do “Rig Veda” importante livro sagrado hindu, escrito em sânscrito, que data de 2000 a 1500 antes de Cristo. O tema esporadicamente ressurgiu na literatura através da história, mas só foi ser efetivamente citado a partir do período pós renascimento europeu (Stoller *et al.*, 1999). Vesalius em 1530, ao realizar a autópsia de um espanhol, promoveu a insuflação dos pulmões do autopsiado pela traquéia, e o coração do nobre começou a bater. Este episódio foi considerado como um ato de bruxaria pelos seus colegas, e Vesalius só não foi queimado pela Inquisição, pois seu pai era um comerciante

rico e influente. A punição foi reduzida para uma peregrinação à Terra Santa, durante a qual morreu em acidente (Colice, 1994). Os séculos seguintes foram marcados apenas por citações anedóticas do uso de suporte respiratório, enquanto a ventilação mecânica moderna inicia-se, de fato, nos anos 50 do século passado, em decorrência da epidemia de poliomielite que assolou a Europa e os Estados Unidos da América.

Na era moderna, o progresso da respiração artificial se deu em três áreas. Houve um grande desenvolvimento dos aparelhos de ventilação mecânica, a criação constante de novas estratégias e modalidades para aplicação dos respiradores mecânicos e o refinamento dos materiais e das técnicas de acesso à via aérea.

O primeiro respirador artificial foi desenvolvido por Claus Bang na cidade de Skive, Dinamarca em 1952. Curiosamente, o surgimento deste dispositivo ocorreu em função da falta de estudantes de medicina em Skive, pois em Copenhagen estes eram os responsáveis pela ventilação manual dos pacientes acometidos de paralisia infantil (Colice, 1994). Desta data em diante, vários aparelhos foram lançados no mercado sempre com melhorias na precisão dos controles e registros. A incorporação dos recursos da computação, entretanto, só ocorreu na década de 80 com o lançamento de respiradores microprocessados. Ampliaram-se, com estas máquinas, as modalidades de aplicação da ventilação.

As estratégias de suporte invasivo evoluíram paralelamente com o aperfeiçoamento dos respiradores. As modalidades básicas de ventilação, com o modo controlado e o modo assistido, predominaram até a década de 70. Neste

ponto introduziu-se a ventilação mandatória intermitente e reforçou-se a importância da manutenção de uma pressão positiva na fase final da expiração (PEEP), com o objetivo de aumentar a pressão arterial de oxigênio. Com o uso dos respiradores microprocessados, tornou-se possível selecionar diferentes padrões de fluxo inspiratório. Esta característica facilitou a introdução de um novo modo respiratório denominado de ventilação por pressão controlada, que é hoje a modalidade mais freqüentemente utilizada em pediatria. Outro desdobramento destas tecnologias foi o desenvolvimento de uma nova estratégia coadjuvante para a retirada gradual do respirador, conhecida como pressão de suporte. Por fim, os últimos dez anos caracterizaram-se pelo aperfeiçoamento dos controles de fluxo e pressão, objetivando minimizar os problemas de dissincronia entre o paciente e o ventilador além da consolidação dos métodos de ventilação não invasivos (Terzi e Carvalho, 2000; Steinhorn e Green, 2001).

Quanto à intubação traqueal, atribui-se ao escocês William MacEween o primeiro procedimento bem sucedido em 1880. A introdução do laringoscópio por Jackson em 1913 e das cânulas endotraqueais com balonete em 1943, possibilitaram o desenvolvimento posterior do suporte respiratório, com os respiradores artificiais. Na década de 70, houve um refinamento dos tubos traqueais com a introdução dos balonetes de alta complacência e baixa pressão. Para uso em crianças, produziram-se cânulas plásticas, sem balonetes com o objetivo de minimizar a lesão da mucosa respiratória imatura (Terzi e Carvalho, 2000; Steinhorn e Green, 2001).

1.3 Aspectos Gerais da Extubação

A extubação de crianças em unidades de terapia intensiva é ato com 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 nestas unidades (Steinhorn e Green, 2001). 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. Nestas ocasiões, a reintubação geralmente é necessária (Brochard *et al.*, 1994; Esteban *et al.*, 1995; Ely *et al.*, 1996; Harrison *et al.* 2002; Gil *et al.* 2003; Rothaar e Epstein, 2003). Vários são os motivos pelos quais um paciente pode não tolerar o desmame e/ou a extubação. A falha da retirada definitiva do respirador pode ser devida a um comprometimento do centro respiratório, alterações do sistema neuromuscular, inflamação da árvore traqueobrônquica com acúmulo de secreções respiratórias, lesões do trato respiratório superior com estreitamento à passagem do fluxo aéreo, e alterações alvéolo-intersticiais e capilares com inflamação, edema ou hipofluxo (Epstein, 2002). O Quadro 1 apresenta uma compilação das principais causas de falha da extubação. Por outro lado, estão elencados no Quadro 2 os principais fatores associados a um aumento no risco falha de extubação (Rothaar e Epstein, 2003).

Quadro 1 - Principais Causas de falha de extubação

Aumento da demanda ventilatória	<p>Aumento do espaço morto (embolia pulmonar, hipoperfusão)</p> <p>Aumento da produção de CO₂ (febre, sepse, hiperalimentação)</p> <p>Acidose metabólica</p> <p>Dor e ansiedade</p>
Aumento da carga resistiva	<p>Excesso de secreções respiratórias</p> <p>Broncoespasmo</p> <p>Estreitamento da cânula endotraqueal</p>
Aumento da carga elástica	<p>Hiperinsuflação dinâmica (PEEP intrínseco)</p> <p>Edema pulmonar</p> <p>Pneumonia</p> <p>Atelectasia</p> <p>Derrame pleural</p> <p>Pneumotórax</p> <p>Distensão abdominal (íleo, ascite)</p> <p>Edema de parede torácica</p>
Fraqueza neuromuscular	<p>Alterações eletrolíticas</p> <p>Uso de corticoesteróides</p> <p>Desnutrição</p> <p>Sepse</p> <p>Hipotireoidismo</p> <p>Bloqueio neuromuscular</p>
Redução do “drive” ventilatório	<p>Hipersedação</p> <p>Alcalose metabólica</p> <p>Doenças do sistema nervoso central</p> <p>Síndrome de hipoventilação por obesidade</p>
Isquemia miocárdica	-
Fatores psicológicos	-

Quadro 2 - Fatores de risco associados à falha de extubação

1. Extremos de idade
2. Maior duração da ventilação mecânica
3. Anemia (hemoglobina < 10g/dl, hematócrito < 30%)
4. Intensidade da doença primária no momento da extubação
5. Posição em decúbito horizontal
6. Uso de sedativos em infusão intravenosa contínua
7. Transporte para fora da unidade de terapia intensiva
8. Extubação acidental

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 (Knebel, 1994; Maede *et al.* 2001; Maede e Ely, 2002; Ferrer *et al.*, 2002; Teague, 2003; Kurachek *et al.*, 2003). Vários autores mostram que a cada dia de ventilação mecânica o risco cumulativo de pneumonia aumenta em 1% (Edmunds *et al.*, 2001; Elward *et al.* 2002; Leclerc e Wallet, 2003; Gauvin *et al.* 2003). A ventilação mecânica prolongada também acentua o barotrauma e a possibilidade de asfixia por oclusão da via aérea (Knebel, 1994; Ferrer *et al.*, 2002; Gil *et al.*, 2003; Gauvin *et al.*, 2003; Ferrer *et al.*, 2003). A manutenção prolongada da cânula está associada a um maior número de lesões laringotraqueais, é desconfortável para a criança, e exige o uso de sedativos, analgésicos e mesmo de agentes curarizantes (Beckmann e Gillies, 2001; Cordeiro, 2003; Gil *et al.*, 2003). É imperativo, portanto, que o suporte ventilatório seja descontinuado o mais rapidamente possível, bem como removida a cânula endotraqueal. Isto deve ser

procedido assim que o paciente possa sustentar a respiração de forma independente (Tahavanainen *et al.*, 1983; Parker, 1996; Hughes *et al.*, 2001).

Desta forma, a decisão acerca do adequado momento de realizar a extubação, deve ser baseada em critério(s) acurado(s), objetivo(s) e reprodutível(is). Isto ainda não é completamente possível, segundo diversos autores e colegas médicos (Sahn e Lakshminarayan, 1973; Yang e Tobin, 1991; Esteban *et al.*, 1995; Agency for Healthcare Research and Quality, 2000; Epstein, 2001).

Tem sido discutido o conceito de falha de extubação. Para alguns estudiosos, esta falha está caracterizada quando o doente não consegue manter uma independência de suporte ventilatório invasivo ou não invasivo (Hubble *et al.*, 2000; Cheifetz, 2003). Para outros, entretanto, a falha da extubação só fica configurada nos casos em que é necessária a reintubação (Kahn *et al.*, 1996; Epstein e Ciubotaru 1996; Afessa *et al.*, 1999; Kharasch *et al.*, 2003). No presente estudo adotou-se o conceito de “falha de extubação” para os casos que necessitaram de algum suporte respiratório, invasivo ou não, após a extubação; e foi definido como “reintubação” a recolocação de tubo endotraqueal. Não há, também, consenso quanto ao limite de tempo após a extubação para se considerar a falha. Os estudos consideram o período máximo de 72 horas pós extubação (Hubble *et al.*, 2000; Edmunds *et al.*, 2001; Kharasch *et al.*, 2003). A maior parte dos autores limitam este período em 48 horas (Venkataraman *et al.*, 2000).

1.3.1 Estudos em adultos

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 (Brochard *et al.*, 1994; Esteban *et al.*, 1995; Seneff *et al.*, 1996; Goldstone, 2002). Os parâmetros, atualmente utilizados pelos intensivistas, incluem características clínicas como, a idade, cujos extremos favorecem a falha; o diagnóstico; a presença de desconforto respiratório, sudorese e agitação; alterações das frequências cardíaca, respiratória, e da pressão arterial; dados da mecânica pulmonar, como o volume corrente e o pico de pressão inspiratório; parâmetros gasométricos arteriais; e escores de gravidade (que levam em conta variáveis bioquímicas e a presença de comorbidades) (Meade *et al.*, 2001; Randolph *et al.*, 2002).

A imprecisão destes vários parâmetros para determinar o sucesso da extubação levou alguns autores e colegas médicos, a criar uma padronização, e a avaliar critérios compostos por mais de um parâmetro. A Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia e a Associação de Medicina Intensiva Brasileira divulgaram, em 2000, o II Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica, em que são sugeridos para pacientes adultos critérios clínico-laboratoriais para considerar o início da retirada (desmame) da ventilação artificial (Farias *et al.*, 2000). (Quadro 3)

Quadro 3 - Condições propostas pelo II Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica para o Desmame da Ventilação Artificial

CRITÉRIO	NÍVEL REQUERIDO
1. Evento agudo que motivou a ventilação mecânica	Reversibilidade ou controle do processo
2. Presença de estímulo ("drive") respiratório	Sim
3. Avaliação hemodinâmica	Correção ou estabilização do débito cardíaco
4. Drogas vasoativas ou agentes sedativos	Em doses mínimas
5. Equilíbrio ácido-básico	$7,30 < \text{pH} < 7,60$
6. Troca gasosa pulmonar	$\text{PaO}_2 > 60\text{mmHg}$ em $\text{FIO}_2 \leq 0,40$ e $\text{PEEP} \leq 5\text{cmH}_2\text{O}$
7. Balanço hídrico	Correção de sobrecarga hídrica
8. Eletrólitos séricos (Na, K, Ca, Mg)	Valores normais
9. Intervenção cirúrgica próxima	Não

De maneira semelhante, em 2001 uma força-tarefa composta pelo "American College of Chest Physician"; "American Association for Respiratory Care" e "American College of Critical Care Medicine", estabeleceu uma série de pré-requisitos, também para adultos, a partir dos quais se poderia iniciar o processo de descontinuação e retirada da ventilação mecânica (MaCintyre *et al.*, 2001).

(Quadro 4)

Quadro 4 - Condições para o desmame da ventilação artificial propostas pela força-tarefa

CRITÉRIO	NÍVEL REQUERIDO
Medidas Objetivas	
Oxigenação adequada	$\text{PaO}_2 \geq 60\text{mmHg}$ sob $\text{FIO}_2 \leq 0,4$; $\text{PEEP} \leq 5 - 10\text{cmH}_2\text{O}$; $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \geq 150-300$
Estabilidade Cardio-vascular	$\text{FC} \leq 140\text{bpm}$; pressão arterial estável sem, ou com doses mínimas de, vasopressores
Temperatura	$< 38^\circ\text{C}$
Controle ácido-base	Sem acidose respiratória significativa
Nível de Hemoglobina	Hemoglobina $\geq 8-10\text{g/dl}$
Nível de Consciência	Escore de Glasgow ≥ 13 ; paciente desperta; sem sedativos de infusão contínua
Equilíbrio Eletrolítico	Eletrólitos em níveis aceitáveis
Avaliação Clínica Subjetiva	
	Resolução da fase aguda da doença
	A equipe médica julga que o paciente está pronto
	Tosse adequada

As normas, nacionais e internacionais acima citadas determinam níveis requeridos para o desmame da ventilação por vezes pouco objetivos (Quadros 3 e 4). Adicionalmente, a imprecisão de alguns parâmetros atrapalha a reprodução de ensaios clínicos e dificulta a aplicação dos seus resultados. Mesmo com equipes experientes, a aplicação rotineira destes critérios clínico-laboratoriais preditivos do sucesso do desmame têm 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.

Isto posto, fica clara a necessidade de desenvolver uma avaliação adicional objetiva e acurada de sucesso na remoção do suporte respiratório. Em adultos, vários parâmetros respiratórios têm sido estudados com este intuito. Já foram avaliados, entre outros, parâmetros como a frequência respiratória, o volume minuto, a relação entre a frequência respiratória e o volume corrente, medidas do esforço inspiratório, e índices de oxigenação e de pressões respiratórias, como se observa no Quadro 5. Os parâmetros testados como preditivos de sucesso de extubação tiveram limitada sensibilidade e especificidade. Mesmo com diferentes valores adotados como “cut-off” para cada parâmetro, não se obteve acurácia adequada para nenhum destes.

Quadro 5 - Desempenho de diferentes parâmetros respiratórios preditivos de sucesso na extubação, em estudos realizados com adultos

Parâmetro	Estudo-Ano/ Nível de Corte	Nº Casos	LR + IC 95%	LR – IC 95%	Sensibilidade IC 95%	Especificidade IC 95%
VOLUME MINUTO	Gologorskii et al., 1997 Valor NE	127	1,31 (0,96-1,79)	0,63 (0,48-0,83)	0,63 (0,51-0,74)	0,52 (0,36-0,67)
	Krieger et al., 1997 12L/min	49	0,99 (0,90-1,09)	1,23 (0,74-2,07)	0,86 (0,69-1,03)	0,12 (-0,01-0,26)
	Sahn, Lakshminarayan, 1973 10L/min	100	1,36 (0,93-1,98)	0,45 (0,20-1,01)	0,79 (0,65-0,93)	0,44 (0,26-0,63)
	Capdevila et al., 1995 12L/min	67	0,87 (0,68-1,12)	1,33 (0,90-1,96)	0,61 (0,35-0,88)	0,30 (0,14-0,45)
	Yang, 1993 15L/min	31	1,02 (0,71-1,45)			
FREQUÊNCIA RESPIRATÓRIA	Gologorskii et al., 1997 Valor NE	127	1,64 (1,00-2,68)	0,52 (0,34-0,79)	0,77 (0,69-0,85)	0,51 (0,17-0,84)
	Krieger et al., 1997 38rpm	49	1,02 (0,97-1,07)	0,59 (0,25-1,36)	0,96 (0,94-0,99)	0,06 (0,02-0,11)
	Ashutosh et al., 1992 38rpm	30	1,50 (1,23-1,83)	0,23 (0,12-0,44)	0,93 (0,87-0,99)	0,45 (0,25-0,65)
	Mergoni et al., 1996 30rpm	51	2,01 (1,25-3,25)			
	Gologorskii et al., 1997 Valor NE	127	2,88 (1,89-4,40)	0,20 (0,03-1,26)	0,85 (0,62-1,09)	0,73 (0,66-0,80)
VOLUME CORRENTE	Krieger et al., 1997 325ml	49	0,92 (0,47-1,81)	1,07 (0,52-2,17)	0,45 (0,32-0,59)	0,54 (0,11-0,98)
	Ashutosh et al., 1992 325ml	30	1,58 (1,20-2,08)	0,29 (0,14-0,63)	0,89 (0,80-0,98)	0,46 (0,29-0,63)
	Capdevila et al., 1995 325ml	67	1,16 (1,01-1,34)	0,74 (0,54-0,99)	0,76 (0,61-0,90)	0,35 (0,27-0,43)

Continua

Conclusão

Parâmetro	Estudo-Ano/ Nível de Corte	Nº Casos	LR + IC 95%	LR – IC 95%	Sensibilidade IC 95%	Especificidade IC 95%
“RAPID SHALLOW BREATHING INDEX”	Gandia, Blanco, 1992 105resp/min/L	30	1,58 (1,30-1,90)	0,22 (0,13-0,37)	0,92 (0,87-0,97)	0,47 (0,33-0,60)
	Gologorskii et al., 1997 Valor NE	127	1,49 (1,11-1,99)	0,39 (0,25-0,62)	0,84 (0,77-0,90)	0,44 (0,24-0,65)
	Afessa et al., 1999 100resp/min/L	118	1,43 (1,05-1,96)	0,60 (0,38-0,94)	0,69 (0,61-0,77)	0,52 (0,43-0,61)
	Epstein e Ciubotaru, 1996 100resp/min/L	218	1,20 (0,93-1,56)			
	Yang, 1993 15cmH ₂ O	31	1,15 (0,92-1,44)	1,17 (0,98-1,40)	0,60 (0,33-1,11)	0,27 (0,14-0,40)
PRESSÃO INSPIRATÓRIA MÁXIMA	Krieger et al., 1997 20cmH ₂ O	49	1,03 (0,96-1,11)	0,56 (0,22-1,42)	0,95 (0,92-0,98)	0,08 (0,05-0,12)
	Vallverdu et al., 1998 20cmH ₂ O	217	1,03 (0,95-1,11)	0,51 (0,25-1,06)	0,94 (0,86-1,02)	0,12 (-0,05-0,29)
	Gandia, Blanco, 1992 23cmH ₂ O	30	1,38 (0,92-2,08)	0,34 (0,19-0,60)	0,87 (0,72-1,02)	0,42 (0,07-0,77)
	Leitch et al., 1996 20mH ₂ O	163	1,29 (0,58-2,87)			
	Jacob et al., 1997 -20cmH ₂ O	187	1,32 (0,92-190)	0,14 (0,03-0,68)	0,97 (0,93-1,00)	0,46 (-0,11-1,03)
FORÇA INSPIRATÓRIA NEGATIVA	Mohsenifer et al., 1993 -20cmH ₂ O	29	1,11 (0,89-1,40)			

Valor NE = valor não especificado; LR = “likelihood ratio”; IC= intervalo de confiança

1.3.2 Estudos em crianças

Há um conjunto de condições clínicas e laboratoriais consideradas necessárias para manter a função respiratória adequada, que são consensuais (Randolph *et al.*, 2002). As condições clínicas abrangem: adequada frequência respiratória, ausência de utilização de musculatura acessória, ausência de batimentos de asa de nariz, estabilidade hemodinâmica e ausência de crises convulsivas (Rothaar e Epstein, 2003). As laboratoriais incluem níveis adequados de oxigenação ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 > 200$), de saturação de oxigênio ($\text{SatO}_2 > 93\%$) e de gás carbônico arterial ($\text{PaCO}_2 < 45\text{mmHg}$). A decisão, de extubar um paciente, baseada apenas no preenchimento destas condições clínico-laboratoriais, está associada a um risco de reintubação de até 40% (Zeggwagh *et al.*, 1999). Nas unidades de terapia intensiva pediátricas a falha na extubação de crianças, ocorre em cerca de 16 a 22% dos casos (Edmunds *et al.*, 2001; Epstein, 2002). Taxas de falha diferenciadas são encontradas em populações específicas, como nos pacientes em pós-operatório de cirurgia cardíaca com 10% (Harrison *et al.*, 2002); naqueles com doenças neuromusculares com 27% (Namen *et al.*, 2001; Coplin *et al.*, 2000); ou em recém-nascidos prematuros, com até 28% (Dimitriou *et al.*, 2002; Sinha e Donn, 2002; Lee *et al.*, 2002).

Em estudo pediátrico multicêntrico recente, envolvendo 2794 pacientes, Kurachek *et al.* (2003) encontraram uma taxa de reintubação de 6,2% dos pacientes. Embora este percentual de falha seja menor do que o habitualmente descrito para crianças (Venkataraman *et al.*, 2000), pode ter ocorrido pela inclusão de unidades de terapia intensiva que admitem, predominantemente,

pacientes em pós-operatório. Estes autores citam como fatores de risco para falha na extubação: o tempo de intubação, o tempo de permanência na UTIP, e a doença de base.

Normas e/ou consensos, entretanto, ainda não foram estabelecidos pelas sociedades médicas para a extubação de pacientes pediátricos. Alguns aspectos podem ter contribuído para este fato, como a heterogeneidade dos estudos e dos resultados obtidos (Manczur *et al.*, 2000b). Outro problema envolvido é o processo de retirada do ventilador, que na criança não tem protocolo claramente estabelecido; isto torna a análise isolada da extubação ainda mais difícil (Khan *et al.*, 1996; Randolph, 1999; Thiagarajan *et al.*, 1999; Venkataraman *et al.*, 2000).

Na faixa etária pediátrica alguns parâmetros respiratórios, já testados em adultos, foram avaliados como índices preditivos de extubação bem sucedida. Os resultados algumas vezes foram de difícil avaliação. No Quadro 6 são apresentados os resultados dos principais estudos pediátricos relacionados ao uso de parâmetros respiratórios preditivos de sucesso na extubação. O desempenho dos diferentes parâmetros como preditivos foram, de modo geral, piores do que os verificados em adultos. Há limitações em alguns estudos quanto às casuísticas, muito pequenas, comprometendo a avaliação estatística.

Quadro 6 - Desempenho de diferentes parâmetros respiratórios como índices preditivos de extubação, em estudos realizados com crianças

Parâmetro	Estudo-Ano/ Nível de Corte	Nº Casos	p	LR + IC 95%	LR – IC 95%	Sensibilidade IC 95%	Especificidade IC 95%
FREQUÊNCIA RESPIRATÓRIA	Farias <i>et al.</i> , 1998 Valor NE	84	0,230				
	Venkataraman <i>et al.</i> , 2000 Padrão/idade	312	0,768				
	Thiagarajan <i>et al.</i> , 1999 ≤ 45rpm	227				0,73	0,65
	Manczur <i>et al.</i> , 2000 <24rpm	47				0,57	0,85
	Farias <i>et al.</i> , 1998 4ml/kg	84		1,58 (1,25-2,00)	0,17 (0,07-0,37)	0,93 (0,89-0,97)	0,42 (0,34-0,49)
VOLUME CORRENTE	Khan <i>et al.</i> , 1996 4ml/kg	84				0,84 (0,78-0,89)	0,28 (0,12-0,44)
	Thiagarajan <i>et al.</i> , 1999 ≤ 5,5ml/kg	227				0,75	0,61
	Manczur <i>et al.</i> , 2000b <6ml/kg	47				0,71	0,85
	Khan <i>et al.</i> , 1996 8rpm/ml/kg	213		1,79 (0,90-3,53)	0,46 (0,21-1,01)	0,70 (0,56-0,84)	0,65 (0,46-0,84)
	Farias <i>et al.</i> , 1998 pm/ml/kg	84	0,001				
“RAPID SHALLOW BREATHING INDEX”	Baumeister <i>et al.</i> , 1997 11rpm/ml/kg	47		3,13 (1,06-9,27)			
	Venkataraman <i>et al.</i> , 2000 Padrão/idade	312	0,960				
	Thiagarajan <i>et al.</i> , 1999 ≤ 8rpm/ml/kg	227				0,74	0,74
	Manczur <i>et al.</i> , 2000b 8,1rpm/ml/kg	47				0,43	0,88

Continua

Conclusão

Parâmetro	Estudo-Ano/ Nível de Corte	Nº Casos	p	LR + IC 95%	LR – IC 95%	Sensibilidade IC 95%	Especificidade IC 95%
PRESSÃO INSPIRATÓRIA MÁXIMA	El Khatib et al., 1996 PI/PI max=0,3	50		2,23 (1,15-4,34)	0,63 (0,36-1,10)	0,53 (0,14-0,92)	0,78 (0,56-0,99)
	Venkataraman et al., 2000 Padrão/idade	312	0,820				
	Farias et al., 1998 Valor NE	84	0,160				
"COMPLIANCE/ RATE/ OXIGENATION/ PRESSURE/ INDEX"	Baumeister et al., 1997 0,1ml/kg/rpm	47		3,31 (0,20-54,8)	0,14 (0,00-8,87)	0,77 (0,35-1,19)	0,71 (0,24-1,18)
	Khan et al., 1996 0,2ml/kg/rpm	213		1,05 (0,74-1,49)			
	Venkataraman et al., 2000 Padrão/idade	312	0,830				
	Thiagarajan et al., 1999 ≥ 0,15ml/kg/rpm	227				0,83	0,53
	Manczur et al., 2000b > 0,78ml/min/kg	47				0,43	0,89

Valor NE = valor não especificado; LR = "likelihood ratio"; IC= intervalo de confiança

Em consequência desses achados, nenhum parâmetro respiratório é recomendado como preditivo de extubação em pacientes pediátricos (Khan *et al.*, 1996; Venkataraman *et al.*, 2000; Manczur *et al.*, 2000b). Por este motivo, a otimização do momento adequado para a extubação tem sido limitada às pré condições clínicas e gasométricas (Quadros 3 e 4).

Na busca do aprimoramento da ventilação mecânica outros parâmetros respiratórios preditivos de extubação têm sido estudados com maior refinamento tecnológico. Um dos focos de atenção dos pesquisadores é a medida da razão entre o espaço morto e o volume corrente (V_d/V_t), que pode ser avaliado objetivamente por sistema computadorizado (Eriksson *et al.*, 1989; Ashutosh *et al.*, 1995; Manthous e Goulding, 1997; Mohr *et al.*, 2001).

1.4 A Razão Espaço Morto: Volume Corrente

O espaço morto é constituído pela porção do sistema respiratório não envolvida em trocas gasosas, e compreende o espaço morto alveolar e o espaço morto das vias aéreas. O volume corrente, por sua vez, é o volume de gás inspirado ou expirado por ciclo respiratório. A relação entre espaço morto e volume corrente é denominada espaço morto fisiológico. A medida do V_d/V_t era, até algum tempo atrás, realizada apenas através da recuperação total do gás expirado. Com o avanço na computação e na tecnologia da capnografia foi possível desenvolver um instrumental mais preciso e método de mais fácil execução para o cálculo do índice V_d/V_t . O interesse pelo índice acentuou-se a partir da possibilidade de avaliação da curva da capnografia em uma única respiração (Arnold *et al.*, 1996).

Para entender o princípio do cálculo do V_d/V_t é importante o detalhamento da capnografia instrumental. A capnografia pode ser obtida por duas técnicas: pela absorção do gás carbônico com luz infravermelha ou por espectrometria de massa. Os monitores de uso clínico habitualmente utilizam com a absorção de luz infravermelha. A medida do CO_2 por espectrometria de massa quantifica as moléculas de CO_2 por meio de um feixe de elétrons, que promove o surgimento de íons com características específicas. Independentemente da técnica, a medida pode ser obtida por meio de dois tipos de sensores: o “sidestream” e o “mainstream” (McDonald *et al.*, 2002; Ault e Stock, 2004, Soltner *et al.*, 2004).

Nos equipamentos configurados para o sistema *sidestream* o registro da pressão parcial de CO_2 ao final da expiração (ETCO_2) é feito através de um fino

conector com mangueira lateral. Através desta é retirada pequena amostra de gás da cânula endotraqueal para uma câmara à vácuo, no corpo do monitor, onde é processada a medida. Nos equipamentos do tipo “mainstream” a câmara de emissão do feixe de elétrons é posicionada entre o conector em Y do circuito do respirador e a cânula endotraqueal. Neste sistema, a medida do ETCO_2 se faz de forma mais rápida. Em alguns monitores “mainstream”, entretanto, o peso do sensor pode provocar deslocamentos ou dobras na cânula endotraqueal (Ahrens e Sona, 2003; Autl e Stock, 2004; Soltner *et al.*, 2004).

Os monitores de absorção do gás carbônico com luz infravermelha possibilitam o cálculo do índice Vd/Vt por curva de capnografia em respiração única a partir da fisiologia respiratória já estabelecida (Soltner *et al.*, 2004). A curva de capnografia pode ser dividida em três fases (Figura 1). A fase 1 representa o CO_2 expirado das grandes vias aéreas e do espaço morto da cânula endotraqueal; a fase 2 corresponde a uma mistura de gás expirado oriundo das vias aéreas e do espaço alveolar; por fim, a fase 3, ou “platô alveolar”, representa a ventilação alveolar.

Figura 1 - Curva de capnografia com as fases do CO_2 expirado

Para o cálculo do V_d/V_t é preciso determinar a inclinação da fase 3 na curva de capnografia (linha “s”). Graficamente pode ser traçada uma linha perpendicular ao eixo X que cruza a linha da inclinação da fase 3 de modo a criar duas áreas iguais e opostas na fase 2 do gráfico, denominadas “p” e “q”. (Figura 2)

Figura 2 - Curva de capnografia com traçado do espaço morto das vias aéreas

Ao plotar-se na curva de capnografia uma reta com a pressão arterial de CO_2 (PaCO_2) temos a Figura 3. Nesta observam-se três zonas denominadas de **X**, **Y** e **Z**. A soma das zonas X, Y e Z corresponde, teoricamente, ao volume de CO_2 exalado de um pulmão sem espaço morto (Arnold *et al.*, 1996; Soltner *et al.*, 2004). A zona X representa a eliminação de CO_2 durante a expiração ao passo que as zonas Y e Z representam áreas de ventilação em que não há eliminação de CO_2 . A zona Y corresponde à ventilação perdida no espaço morto alveolar, enquanto a zona Z refere-se à ventilação perdida no espaço morto das grandes vias aéreas.

Figura 3 - Curva de capnografia com representação de áreas utilizadas no cálculo do índice Vd/Vt

Uma vez que o espaço morto fisiológico total é igual à soma do espaço morto alveolar mais o espaço morto das vias aéreas, a razão entre o espaço morto fisiológico e o volume corrente pode ser representada pela seguinte fórmula:

$$V_d/V_t = \frac{Y + Z}{X + Y + Z}$$

Por fim, é também possível obter o valor do V_d/V_t pela equação de Bohr. Este cálculo é mais simples, porém menos preciso, pois pressupõe que a concentração alveolar de CO_2 é igual à concentração arterial de CO_2 . Desta forma obtemos:

$$V_d/V_t = \frac{PaCO_2 - ETCO_2}{PaCO_2}$$

Sob condições de normalidade, o valor do índice V_d/V_t é habitualmente inferior a 0,3.

1.4.1 Experiência clínica com o índice Vd/Vt

Em adultos, o Vd/Vt já foi empregado com vários objetivos. Eriksson *et al.* (1989) publicaram um estudo pioneiro, realizado na Suécia, procurando avaliar a utilidade do índice Vd/Vt na identificação de trombo-embolismo pulmonar. Para tanto, estudaram 38 pacientes adultos com quadros suspeitos de trombo-embolismo pulmonar (TEP). Puderam confirmar o diagnóstico, com o uso de angiografia, em nove pacientes. A elevação do índice Vd/Vt permitiu a discriminação dos casos confirmados entre os suspeitos. Os autores concluíram que a aplicação do índice Vd/Vt pode auxiliar, de forma confiável, na rápida identificação dos casos de trombo-embolismo pulmonar. Avaliação semelhante foi empreendida por Anderson *et al.*, com 12 pacientes cirúrgicos com síndrome do desconforto respiratório agudo. Alguns estavam em ventilação mecânica. O Vd/Vt foi útil no diagnóstico de TEP (Anderson *et al.*, 1999). Kline *et al.* (2001), em estudo multicêntrico com 380 pacientes, mostraram que a elevação do índice Vd/Vt apresentava correlação com o diagnóstico de TEP, quando combinado com a determinação sérica do dímero D. O mesmo grupo de pesquisadores confirmou estes achados em outro estudo em que o índice Vd/Vt foi testado em 53 pacientes suspeitos de apresentarem TEP. Os pacientes com embolia apresentaram um resultado de Vd/Vt de $0,43 \pm 0,18$, ao passo que os sem TEP tinham um Vd/Vt de $0,27 \pm 0,14$ (Kline *et al.*, 2000).

Um outro grupo de pesquisadores, liderados por Manthous; Goulding (1997) procuraram avaliar o papel do índice Vd/Vt no manejo de pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC). Desta feita, estudaram os efeitos

de expansões volêmicas e broncodilatadores em pacientes com DPOC pela análise do índice Vd/Vt. Concluíram que o Vd/Vt pode ter um papel na avaliação das terapêuticas clínicas para controle de pacientes com DPOC.

O índice Vd/Vt foi também investigado como fator de prognóstico na síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA). Com este propósito, Nuckton *et al.* (2002) mediram o Vd/Vt em 179 pacientes ventilados, aproximadamente 11 horas após a instalação da SDRA. Os pacientes que faleceram tinham um valor de Vd/Vt significativamente maior que os sobreviventes ($0,63 \pm 0,1$ vs $0,54 \pm 0,09$; $p < 0,001$). Os autores concluíram que uma elevação significativa e precoce do Vd/Vt está associada a um maior risco de morte.

Em nosso meio, Nozawa *et al.* (2003), estudaram fatores que pudessem influenciar o desmame do respirador de pacientes adultos em pós-operatório de cirurgia cardíaca. Realizaram trabalho prospectivo com 45 pacientes operados que estavam sob ventilação mecânica há mais de 10 dias. Foi avaliado o índice Vd/Vt nos 22 que puderam ser desmamados e nos 23 que não foram bem sucedidos. O índice Vd/Vt não diferenciou os dois grupos ($p = 0,54$).

Recentemente, Cala *et al.* (2004), em pesquisa realizada na Croácia, utilizaram a Vd/Vt para determinar a presença de disfunção pulmonar em adultos com sepse. Para isso, mediram o índice em 20 pacientes sépticos e concluíram que um valor de Vd/Vt $> 0,4$ é muito sugestivo de acometimento pulmonar na sepse, mesmo nas fases precoces quando ainda não são evidentes alterações na pressão arterial de oxigênio.

A experiência clínica com pacientes pediátricos é mais restrita. O estudo inicial de Sandberg *et al.* (1987) mostrou que o índice Vd/Vt é útil na diferenciação entre pulmões de crianças doentes e saudáveis. Posteriormente, foi avaliada a utilidade clínica do Vd/Vt em pediatria por Fletcher (1989). Neste estudo, o autor testou o índice Vd/Vt como auxiliar na detecção de “shunts” intrapulmonares durante o intra-operatório de cirurgias para correção de cardiopatias congênitas em crianças. Foram avaliadas 58 crianças, e uma medida de Vd/Vt > 0,4 estava associada à presença de “shunt” intrapulmonar significativo.

O índice Vd/Vt foi também utilizado à beira-leito, para avaliação da eficiência da oxigenação por membrana extra-corpórea (ECMO) (Arnold *et al.* 1993). Os autores avaliaram 15 recém-nascidos sob ECMO e mostraram que o Vd/Vt reflete a condição funcional do pulmão do recém-nascido criticamente enfermo.

Do mesmo modo, Lum *et al.* (1998), testaram a exequibilidade do índice Vd/Vt, medido por duas metodologias diferentes, em 12 crianças submetidas à ventilação mecânica. Concluíram que o índice representa confiavelmente o grau de acometimento pulmonar, e que, o mesmo pode ser obtido em monitores a beira-leito.

Um dos estudos clínicos mais consistentes do uso do índice Vd/Vt em pediatria foi realizado pelo grupo de pesquisadores liderados por John Arnold em 1995. Nesta pesquisa, os autores analisaram a acurácia do índice Vd/Vt na determinação da gravidade de hérnia diafragmática em recém-nascidos. Estudaram uma coorte de 30 recém-nascidos e constataram que aqueles cujo valor de Vd/Vt era superior a 0,6 estavam associados a um risco de mortalidade

15 vezes maior. Conseguiram também verificar que, nos recém-nascidos sobreviventes, houve uma significativa redução do Vd/Vt durante o curso do tratamento por ECMO (Arnold *et al.*, 1995).

O índice Vd/Vt foi utilizado por Coss-Bu *et al.* (2003) para avaliar a intensidade da lesão pulmonar em crianças com SDRA, submetidas à ventilação mecânica. Incluíram 45 pacientes com idade média de 5,5 anos e encontraram um índice médio de $0,62 \pm 0,14$ nos casos com SDRA, em comparação com um resultado de $0,43 \pm 0,15$ nas crianças sem SDRA ($p < 0,0005$).

Hubble *et al.* (2000) estudaram a utilidade do Vd/Vt como índice preditivo de sucesso na extubação de crianças em desmame de suporte respiratório invasivo. Foram avaliados 45 pacientes operados do coração, vítimas de trauma ou com pneumonia. Concluíram que o índice foi adequado como preditivo de sucesso quando o Vd/Vt era $\leq 0,65$ e, particularmente, se $\leq 0,5$. Porém, não há outros estudos pediátricos sobre o índice Vd/Vt como preditivo de sucesso na extubação.

Em resumo, o índice Vd/Vt tem sido observado como adequado na estimativa do grau de acometimento pulmonar em diferentes doenças, e nos pacientes sob ventilação mecânica, situações em que o método clínico é impreciso. Desta forma, foi planejada a presente avaliação do índice Vd/Vt como preditivo de adequada condição para a extubação de pacientes submetidos à ventilação mecânica, em uma unidade de tratamento intensivo pediátrica de um hospital geral.

2. Objetivos

2.1 Objetivo Principal

Avaliar o índice V_d/V_t como preditivo de sucesso na extubação de crianças sob ventilação mecânica

2.2 Objetivo Secundário

Avaliar parâmetros clínicos e laboratoriais como preditivos de sucesso na extubação.

3. Métodos

3.1 Características da unidade

O estudo foi realizado na Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica do Hospital Universitário da Universidade de São Paulo (HU-USP). A UTIP faz parte da Divisão de Pediatria, que engloba uma unidade de internação com 42 leitos, uma unidade de pediatria neonatal com capacidade para 32 leitos e uma unidade de pronto-atendimento. A UTIP tem 16 leitos para recém-nascidos e crianças com até 15 anos incompletos. O Hospital Universitário é uma instituição voltada para o atendimento da comunidade do Butantã, São Paulo.

3.2 Desenho do Estudo

Foi realizado estudo de coorte, prospectivo, com todos os casos que foram submetidos à 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 pela Comissão de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário da Universidade de São Paulo e pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa do Hospital das Clínicas e 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. (Anexo A)

3.3 Critérios de Inclusão

- a) Idade de 0 a 15 anos incompletos;
- b) paciente intubado em ventilação mecânica na UTIP;
- c) uso de ventilação mecânica por oito horas ou mais;
- d) criança com parâmetros ventilatórios de extubação:
 - Fração inspirada de oxigênio $\leq 40\%$;
 - Frequência respiratória ≤ 8 pm;
 - Pico inspiratório $\leq 20\text{cmH}_2\text{O}$;
 - Pressão expiratória final $\leq 8\text{cmH}_2\text{O}$.

3.4 Critérios de exclusão

- a) Cardiopatias cianóticas;
- b) pneumopatias crônicas;
- c) idade < 28 dias de vida com peso de nascimento menor de 2500g;
- d) doenças neuromusculares;
- e) escape de tubo endotraqueal $> 30\%$ (medida foi obtida com o uso de monitor de mecânica respiratória¹).
- f) obstrução respiratória alta como causa de intubação;
- g) extubação acidental;
- h) transferência da unidade;
- i) óbito antes da extubação;

¹ CO₂SMO-*plus*, Dixtal Equipamentos Médicos®, São Paulo, SP

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;

m) crianças que no período de 48 horas pós-intubação apresentassem escore de Downes e Raphaelly (Downes e Raphaelly, 1975), para obstrução alta, superior a 4.

3.5 Dados de caracterização da população

De todos os pacientes incluídos no estudo, foram obtidos (Anexo B):

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) (Pollack *et al.*, 1988), à admissão;

d) a $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ à admissão;

e) exames laboratoriais seriados: gasometrias diárias e dosagens de hemoglobina e hematócrito a cada três 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.

3.6 Execução do Protocolo

Todas as crianças foram submetidas à ventilação mecânica com o respirador². O tratamento ventilatório é uniforme para todos os médicos assistentes da UTIP, em acordo com as normas estabelecidas pelas Sociedade Brasileira de Pneumologia e Associação de Medicina Intensiva Brasileira (Farias *et al.*, 2000). O desmame foi feito segundo as normas estabelecidas pela Força Tarefa para desmame (vide Quadro 2). Adicionalmente a criança deveria apresentar uma frequência respiratória dentro da faixa de normalidade para a idade (Rusconi *et al.*, 1994; Faria *et al.*, 1998), sem apresentar sinais de esforço respiratório. Adicionalmente, a gasometria deveria apresentar uma $\text{PaO}_2 > 80\text{mmHg}$ e uma $\text{PaCO}_2 < 45\text{mmHg}$ numa $\text{FiO}_2 \leq 40\%$ (Faria *et al.*, 1998).

Uma vez que a criança estivesse nas condições de extubação acima, era submetida, por um período de 20 minutos, aos seguintes parâmetros ventilatórios: pressão de suporte suficiente para gerar um volume corrente de 6ml/kg, frequência respiratória de zero, pressão expiratória final positiva de 5 - 8cmH₂O e $\text{FiO}_2 \leq 0,4$. Para tal, o menor ajuste foi realizado. Terminado este 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, PEEP, complacência dinâmica, resistência da via aérea e o volume corrente expirado. Procedia-se, então, ao cálculo do índice espaço morto: volume corrente, usando o monitor CO₂SMO-*plus*®. O monitor CO₂SMO-*plus* foi avaliado favoravelmente quanto à sua acurácia, e os estudos são unânimes em afirmar

² Newport Wave® - Newport Medical Instruments, Newport Beach, California, USA

que há alta correlação entre a ETCO_2 e a PaCO_2 (Formicola *et al.*, 1999; Castle *et al.*, 2002; Ball e Ground, 2003).

O monitor $\text{CO}_2\text{SMO-plus}$ (Figuras 4 e 5) é um monitor de mecânica respiratória, que inclui um capnógrafo de absorção de luz infravermelha do tipo “mainstream”, um oxímetro de pulso e um sensor de fluxo que é conectado na extremidade da cânula endotraqueal. Para se obter o cálculo do Vd/Vt são introduzidos no monitor os dados de peso da criança e da pressão arterial de CO_2 , obtida com a gasometria arterial (Figura 5). Após a medida do Vd/Vt , a equipe médica não era informada dos resultados do índice e a extubação se processava logo a seguir.

Figura 4 - Monitor $\text{CO}_2\text{SMO-plus}$ utilizado para oximetria, capnografia e mecânica respiratória

Figura 5 - Telas do monitor CO₂SMO-plus. (A) Capnometria / Oximetria. (B) Tela para medida do Vd/Vt

Após a extubação os pacientes foram tratados clinicamente de acordo com as necessidades individuais. Foram registrados os 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 ($\text{SatO}_2 < 90\%$ e $\text{PaO}_2 < 60\text{mmHg}$); de hipoventilação pela gasometria arterial ($\text{PaCO}_2 > 45\text{mmHg}$); e foi aplicado o escore de Downes e Raphelly para obstrução alta. Os registros dos dados de desconforto respiratório, oximetria de pulso e do escore de Downes e Raphaelly foram realizados a cada hora nas primeiras três horas, a cada três horas nas nove horas seguintes e a cada seis horas nas 36 horas seguintes, completando um período de 48 horas de observação pós extubação. A gasometria arterial foi colhida com três, 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 (Faria *et al.*, 1998); apnéia > 20 segundos; retrações supraesternais e subdiafragmáticas; cianose. Do ponto de vista gasométrico, a falha foi definida quando a $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 200$ ou $\text{PaCO}_2 > 45\text{mmHg}$ com $\text{pH} < 7,35$. Nesta 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 Vision³. 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 $\text{PaO}_2 > 80\text{mmHg}$ sob uma $\text{FiO}_2 = 0,6$, a mesma era reintubada e colocada em ventilação mecânica. O protocolo se encerrava 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. A Figura 6 apresenta um fluxograma das etapas da execução do protocolo.

O pacientes que seguiram o protocolo acima estão relacionados individualmente no Anexo C.

³ BiPAP Vision® - Respironics, Inc., Carlsbad, California, USA

Figura 6 - Fluxograma das sucessivas etapas de execução do protocolo

3.7 Análise Estatística

O índice Vd/Vt, com corte $\leq 0,65$, foi avaliado, pelo teste do qui-quadrado, com relação a falha de extubação. Foram, também, determinados a sensibilidade e especificidade e a estimativa da “Likelihood Ratio” ou Razão de Verossimilhança (Fletcher *et al.*, 1996; Sonis, 1999; Epstein, 2001). 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 os intervalos de 95% de confiança para todas as estimativas.

No sentido de facilitar a interpretação dos valores da razão de verossimilhança, são apresentadas no Quadro 7 as faixas de significância clínica da “likelihood ratio”.

Quadro 7 - Interpretação da razão de verossimilhança (“likelihood ratio”)

Valores da razão	Probabilidade de predição de sucesso ou falha de um teste
0,5 – 2,0	Insignificante
0,2 – 0,5 ou 2,0 – 5,0	Pequena, possível significância clínica
0,1 – 0,2 ou 5,0 – 10,0	Moderada, provável significância clínica
< 0,1 ou > 10,0	Elevada, clinicamente significativa

4. Resultados

4.1 Perfil da Casuística

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 e constituíram a amostra do estudo. O Quadro 8 apresenta as causas de exclusão de 164 crianças.

Quadro 8 - Causas para exclusão do protocolo de crianças submetidas à ventilação mecânica durante o período de estudo

CAUSA DA EXCLUSÃO	NÚMERO DE PACIENTES
Recém-nascido com < 2500g	56
Óbito durante a ventilação	51
Quadro obstrutivo alto	33
Extubação em plantão	10
Transferência	5
Extubação com < 8h de ventilação	3
Não consentimento do responsável	3
Extubação acidental	2
Pneumopatia crônica	1
Total	164

Dos 86 pacientes da amostra, 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 ($\pm$ 30,1) meses com uma mediana de 5,5 meses. O Quadro 9 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. O Quadro 10 apresenta os diagnósticos de 21 pacientes que tiveram falha da extubação enquanto que o Quadro 11 contém o momento da falha de extubação e reintubação de acordo com o tempo pós extubação.

Quadro 9 - 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

Quadro 10 - Causas para a falha na extubação

Causa da Falha	Número de Pacientes
Hipoxemia + Hiperapnia	8
Hipoxemia	7
Desconforto respiratório clínico (> 2 critérios clínicos)	5
Hiperapnia	1
Total	21

Quadro 11 - Momento da falha de extubação e reintubação conforme o tempo pós-extubação

Tempo pós-extubação (Horas)	Ventilação não invasiva (n = 11)	Reintubação (n = 10)	Total (n = 21)
0 a 12	5	6	11
12 a 24	3	0	3
24 a 36	1	1	2
36 a 48	2	3	5

4.2 Comportamento dos Parâmetros Clínicos e Gasométricos Pós Extubação

4.2.1 Evolução para os pacientes com falha de extubação

São apresentadas nos Gráficos 1 a 6 as médias referentes aos parâmetros de frequência cardíaca, frequência respiratória, escore de Downes e Raphaelly, saturação arterial de oxigênio, PaO_2 e PaCO_2 , verificados nas 48 horas após a extubação, para os pacientes que tiveram uma extubação bem sucedida e para aqueles que foram considerados com falha de extubação. Observa-se que os pacientes que não suportaram a extubação, tiveram uma tendência a apresentar frequências cardíacas e respiratórias mais elevadas, maiores valores do escore de Downes e Raphaelly, oxigenação sanguínea pior e maior tendência à retenção de gás carbônico.

Gráfico 1 - Evolução da frequência cardíaca média nas 48 horas após a extubação para os pacientes com sucesso e falha de extubação*

* Até a avaliação anterior à falha

Gráfico 2 - Evolução da frequência respiratória média nas 48 horas após a extubação para os pacientes com sucesso e falha de extubação*

* Até a avaliação anterior à falha

Gráfico 3 - Evolução do escore de Downes e Raphaely médio nas 48 horas após a extubação para os pacientes com sucesso e falha de extubação*

* Até a avaliação anterior à falha

Gráfico 4 - Evolução da saturação arterial média de oxigênio nas 48 horas após a extubação para os pacientes com sucesso e falha de extubação*

* Até a avaliação anterior à falha

Gráfico 5 - Evolução da PaO₂ média nas 48 horas após a extubação para os pacientes com sucesso e falha de extubação*

* Até a avaliação anterior à falha

Gráfico 6 - Evolução da PaCO₂ média nas 48 horas após a extubação para os pacientes com sucesso e falha de extubação*

* Até a avaliação anterior à falha

4.2.2 Evolução dos parâmetros clínicos e gasométricos após a extubação para os pacientes com reintubação extubação

Na comparação entre os pacientes bem sucedidos (sucesso-R) e os que foram reintubados (Gráficos 7 a 12), observa-se que, as diferenças não parecem, no geral, marcantes para a frequência cardíaca, frequência respiratória e a PaCO_2 . No caso do escore de Downes e Raphaely, entretanto, os pacientes que foram reintubados apresentaram médias de escores mais elevadas ao longo do período de 48h. A PaO_2 e a saturometria das crianças reintubadas tenderam a valores mais baixos que os casos que lograram sucesso-R.

Gráfico 7 - Evolução da frequência cardíaca média nas 48 horas após a extubação para os pacientes com sucesso-R e reintubados*

*Até a avaliação anterior à reintubação

Gráfico 8 - Evolução da frequência respiratória média nas 48 horas após a extubação para os pacientes com sucesso e reintubados*

*Até a avaliação anterior à reintubação

Gráfico 9 - Evolução do escore de Downes e Raphaelly nas 48 horas pós extubação para os pacientes com sucesso e reintubação*

*Até a avaliação anterior à reintubação

Gráfico 10 - Evolução da saturação arterial de oxigênio nas 48 horas pós extubação para os pacientes com sucesso e reintubação*

*Até a avaliação anterior à reintubação

Gráfico 11 - Evolução da PaO₂ nas 48 horas pós extubação para os pacientes com sucesso e reintubação*

*Até a avaliação anterior à reintubação

Gráfico 12 - Evolução da PaCO₂ nas 48 horas pós extubação para os pacientes com sucesso e reintubação*

*Até a avaliação anterior à reintubação

4.3 O índice Vd/Vt, Falha de Extubação e Reintubação

4.3.1 Distribuição dos resultados do índice Vd/Vt na população de extubados, por intervalos de 0,1

A estratificação dos resultados do índice Vd/Vt na população de extubados, por intervalos de 0,1, em relação à falha de extubação, está apresentada no Gráfico 13. Observa-se uma dispersão não homogênea dos resultados, com um maior número de casos entre os valores de 0,6 e 0,7. Verifica-se, também, que o percentual de falha foi numericamente menor para os índices Vd/Vt entre 0,5 e 0,7. Não se observa diferença numérica entre os índices de falha nos dois extremos do gráfico. A estratificação dos pacientes reintubados, com intervalos de 0,1, revela um padrão semelhante de dispersão.

Gráfico 13 - Porcentagem de falha e reintubação de acordo com as faixas do índice Vd/Vt

4.3.2 Índice Vd/Vt médio, falha de extubação e reintubação

A média do índice Vd/Vt de todos os casos foi de 0,62 ($\pm 0,18$). As médias e desvios padrões, 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 ($\pm 0,21$) ($p = 0,472$) (Tabela 1). As médias e desvios padrões do Vd/Vt dos pacientes que toleraram a extubação (sucesso-R) em comparação com os que foram reintubados foram, respectivamente, 0,62 ($\pm 0,18$) e 0,64 ($\pm 0,21$) ($p = 0,765$). (Tabela 1)

Tabela 1 - Índice Vd/Vt (média e desvio padrão) dos pacientes segundo a ocorrência de falha de extubação e reintubação

Evento	Índice Vd/Vt (DP)		p
	Sucesso (n = 65)	Falha (n = 21)	
Falha de Extubação	0,62 (0,17)	0,65 (0,21)	0,472
Reintubação	Sucesso-R (n = 76)	SIM (n = 10)	0,765
	0,62 (0,18)	0,64 (0,21)	

p = probabilidade; DP = desvio padrão

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 $0,65 \pm 0,22$ e $0,64 \pm 0,21$ ($p = 0,170$).

4.3.3 O índice Vd/Vt como preditivo de falha de extubação

O índice Vd/Vt foi analisado, em relação à falha de extubação, pelo teste do qui-quadrado e em termos de sensibilidade e especificidade. Sempre considerando um valor de corte de $Vd/Vt \leq 0,65$. A comparação das proporções foi feita com o teste do qui-quadrado (teste exato de Fisher). O índice Vd/Vt, com corte de 0,65, apresentou uma significativa associação com a ocorrência de falha na extubação com ($p = 0,008$). Estes resultados estão contidos na Tabela 2. O desempenho relativo à sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo estão apresentados na Tabela 3. Observa-se que o desempenho do Vd/Vt com corte em 0,65 foi medianamente satisfatório. Os intervalos de confiança são amplos o que pode significar que o número limitado de pacientes tenha reduzido o poder estatístico da análise.

Tabela 2 - Resultados do índice Vd/Vt com corte em 0,65 como preditivo de falha de extubação

Índice Vd/Vt	Sucesso	Falha de Extubação	Total
$\leq 0,65^*$	47	8	55
$> 0,65^*$	18	13	31
Total	65	21	86

* $p = 0,008$

Tabela 3 - Desempenho do índice Vd/Vt com corte em 0,65 como preditivo de falha de extubação

Desempenho do Vd/Vt com corte em 0,65	Valor (%)	IC 95%
Sensibilidade	72,3	(60,0 - 81,7)
Especificidade	61,9	(40,8 - 79,2)
Valor preditivo positivo	85,4	(73,8 - 92,4)
Valor preditivo negativo	41,9	(26,4 - 59,2)

4.3.4 O índice Vd/Vt como preditivo de reintubação

O índice Vd/Vt foi avaliado em relação ao risco de reintubação, também com corte do índice $Vd/Vt \leq 0,65$. A comparação de proporções foi feita com o teste do qui-quadrado (teste exato de Fisher). observamos que, neste caso, a diferença não foi significativa, com $p = 0,4848$. Estes resultados estão contidos na Tabela 4. O desempenho do índice com corte em 0,65 está contido na Tabela 5. Observa-se que o índice $> 0,65$ tem um adequado valor preditivo positivo para reintubação, mas apresenta pouca sensibilidade, especificidade e valor preditivo negativo.

Tabela 4 - Resultados do índice Vd/Vt com corte em 0,65 como preditivo de reintubação

Índice Vd/Vt	Sucesso-R	Reintubação	Total
≤ 0,65*	50	5	55
> 0,65*	26	5	31
Total	76	10	86

*p = 0,4848

Tabela 5 - Desempenho do índice Vd/Vt com corte em 0,65 como preditivo de reintubação

Desempenho do Vd/Vt com corte em 0,65	Valor (%)	IC 95%
Sensibilidade	65,8	(54,6 - 75,4)
Especificidade	50,0	(26,3 - 76,3)
Valor preditivo positivo	90,9	(80,4 - 96,0)
Valor preditivo negativo	16,1	(7,1 - 32,6)

4.3.5 Razão de Verossimilhança (“Likelihood Ratio”) do índice Vd/Vt para falha de extubação e Reintubação

Os resultados da “likelihood ratio” do índice Vd/Vt com corte em 0,65 para falha de extubação e reintubação estão apresentados na Tabela 6. Para falha de extubação observa-se que, ao apresentar um índice Vd/Vt < 0,65 o risco relativo de sucesso foi de 1,89, ao passo que no caso do índice resultar > 0,65 a chance de sucesso é de 0,45. Estes valores sugerem que o índice Vd/Vt pode ter algum significado clínico (Fletcher, *et al.*, 1996; Epstein, 2001).

Tabela 6 - “Likelihood Ratio” do índice Vd/Vt com corte em 0,65 para falha de extubação e reintubação

Evento	“Likelihood ratio”	Valor	IC
Falha de Extubação	Positiva ($\leq 0,65$)	1,89	(1,10 - 3,34)
	Negativa ($> 0,65$)	0,45	(0,27 - 0,75)
Reintubação	Positiva ($\leq 0,65$)	1,31	(0,69 - 2,49)
	Negativa ($> 0,65$)	0,68	(0,34 - 1,37)

As estimativas da “Likelihood ratio” do índice Vd/Vt com corte em 0,65 para os reintubados estão apresentadas na Tabela 6. Neste caso, o índice se mostrou com pouca utilidade clínica (Fletcher *et al.*, 1996; Epstein, 2001).

4.4 Características Demográficas, Clínicas e Ventilatórias Pré-Extubação como Fatores Preditivos de Falha de Extubação

Os dados referentes às características demográficas, clínicas e ventilatórias, como fatores preditivos de falha de extubação estão apresentados na Tabela 7. Percebe-se que, na análise univariada, apenas a saturação de O₂ pré-extubação e a PaO₂/FiO₂ de admissão mostraram diferença significativa, com $p = 0,041$ e $p = 0,022$, respectivamente.

Tabela 7 - Características demográficas, clínicas e ventilatórias pré-extubação como fatores preditivos de falha de extubação

Características Clínico-demográficas	Sucesso (n = 65)	Falha de extubação* (n = 21)	p
Idade [meses]			
Média (DP)	16,67 (32,23)	17,34 (23,45)	0,931
Mediana	6,0	6,0	
Peso médio (DP), [g]	8701,8 (8343,3)	11085,7 (13626,8)	0,338
Recém-nascidos nº de recém-nascidos [%]	11 (16,9)	4 (19,4)	0,826
PRISM médio (DP)‡	12,5 (6,09)	13,2 (7,71)	0,713
PaO₂/ FiO₂ admissão	223,3 (62,41)	187,8 (55,03)	0,022
Tempo de VM [horas]			
Média	124,2 (104,71)	145,6 (131,74)	0,447
Mediana	95,6	107,0	
Parâmetros Pré-Extubação			
Hemoglobina média (DP), [g/dL]	11,46 (2,01)	11,37 (2,21)	0,860
Sedação nº de crianças [%]	15 (23,1)	7 (33,3)	0,355
pH arterial médio (DP)	7,41 (0,06)	7,38 (0,06)	0,151
PaO₂ média (DP), [mmHg]	88,85 (32,34)	75,62 (17,47)	0,077
PaCO₂ média (DP), [mmHg]	37,23 (8,06)	37,10 (7,02)	0,946
SatO₂ média (DP), [%]	95,55 (4,02)	93,30 (5,16)	0,041
FiO₂ média (DP), [%]	30,45 (5,57)	30,76 (4,71)	0,816
Frequência respiratória (DP) [rpm]	45,2 (15,08)	48,9 (19,81)	0,369
Volume Corrente expirado média (DP), [mL]	53,37 (43,48)	53,71 (46,53)	0,975
PIP média (DP), [cmH₂O]	19,17 (2,69)	18,90 (2,81)	0,699
PEEP média (DP), [cmH₂O]	5,49 (0,94)	5,57 (0,93)	0,737
MAP média (DP), [cmH₂O]	7,80 (1,79)	8,48 (2,32)	0,166
Pressão de suporte média (DP), [cmH₂O]	8,92 (2,17)	8,19 (2,34)	0,191
Complacência dinâmica média (DP), [mL/cmH₂O]	13,3 (11,7)	14,3 (17,2)	0,766
Resistência expiratória média (DP), [cmH₂O/Lseg]	32,24 (22,95)	40,90 (48,57)	0,438

*demanda por reintubação ou por suporte não-invasivo; ‡ não aplicável aos 15 recém-nascidos; p = probabilidade

4.5 Características Demográficas, Clínicas e Ventilatórias Pré-Extubação como Fatores Preditivos de Reintubação

A análise univariada das características demográficas e dos dados clínico-ventilatórios pré-extubação, para os pacientes reintubados, está apresentada na Tabela 8. Neste caso, não houve diferença estatística em nenhum dos fatores estudados.

Tabela 8 - Características demográficas, clínicas e ventilatórias pré-extubação como fatores preditivos de reintubação

Características Clínico-demográficas	Sucesso-R (n=76)	Reintubação (n=10)	p
Idade [meses]			
Média (DP)	15,84 (30,28)	24,41 (30,00)	0,402
Mediana	5,0	13,5	
Peso médio (DP), [g]	9139,8 (10101,46)	10378,9 (8113,82)	0,823
Recém-nascidos nº de recém-nascidos [%]	13 (17,0)	2 (20,0)	0,711
PRISM médio (DP) ‡	12,95 (6,36)	10,0 (6,58)	0,251
PaO₂/ FiO₂ admissão	218,64 (61,16)	184,40 (65,75)	0,103
Tempo de VM [horas]			
Média	127.15 (102.54)	146.93 (171.28)	0,601
Mediana	95,5	95	
Parâmetros Pré-Extubação			
Hemoglobina média (DP), [g/dL]	11,46 (2,09)	11,31 (1,82)	0,831
Sedação nº de crianças [%]	20 (26,3)	2 (20,0)	0,671
pH arterial médio (DP)	7,40 (0,06)	7,37 (0,07)	0,089
PaO₂ média (DP), [mmHg]	86,52 (30,93)	78,80 (19,86)	0,446
PaCO₂ média (DP), [mmHg]	37,48 (7,98)	35,11 (5,96)	0,369
SatO₂ média (DP), [%]	95,26 (4,06)	93,00 (6,40)	0,301
FiO₂ média (DP), [%]	30,33 (5,47)	32,00 (4,22)	0,356
Frequência respiratória (DP) [rpm]	46,17 (15,43)	46,00 (23,03)	0,975
Volume Corrente expirado média (DP), [ml]	50,46 (41,32)	76,17 (58,15)	0,082
PIP média (DP), [cmH₂O]	19,17 (2,64)	18,60 (3,27)	0,533
PEEP média (DP), [cmH₂O]	5,55 (0,96)	5,20 (0,63)	0,262
MAP média (DP), [cmH₂O]	8,00 (1,95)	7,70 (1,89)	0,648
Pressão de suporte média (DP), [cmH₂O]	8,83 (2,18)	8,10 (2,56)	0,333
Complacência dinâmica média (DP), [mL/cmH₂O]	12,52 (11,25)	21,54 (22,5)	0,242
Resistência expiratória média (DP), [cmH₂O/L.sec]	35,76 (32,29)	23,70 (17,0)	0,251

‡ não aplicável aos 15 recém-nascidos; p = probabilidade

4.6 Valor Preditivo do Índice Vd/Vt para Falha de Extubação, em Associação com Outros Parâmetros Preditivos Demográficos e Clínico-Ventilatórios Pré-Extubação

O valor preditivo do índice Vd/Vt para falha de extubação, foi avaliado em associação com outros parâmetros preditivos demográficos e clínico-ventilatórios, pela regressão logística e análise multivariada. Para a análise multivariada foram escolhidos os parâmetros que resultaram em $p < 0,25$ na análise univariada (Tabela 7). Os resultados da regressão logística estão apresentados na Tabela 9. Desta 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 ($p = 0,8458$). Dos parâmetros estudados, o único que revelou uma associação significativa foi a $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ à admissão. Neste caso, houve correlação inversa entre a $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ da admissão com a falha de extubação ($p < 0,0001$). Estes dados indicaram que, para cada unidade a mais na relação $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ admissional houve uma redução de 0,6% no risco de falha de extubação.

Tabela 9 - Análise multivariada, com regressão logística, de indicadores de falha de extubação: o índice vd/vt e parâmetros clínicos*

Parâmetro	p	“Odds Ratio”	IC 95%
PaO ₂ /FiO ₂ admissão	< 0,0001	1,006	(1,003 - 1,008)
pH	0,5873		
PaO ₂	0,2973		
SatO ₂	0,9765		
MAP	0,2954		
PS	0,2300		
Vd/Vt $\leq$ 0,65	0,8458		

*Parâmetros com p < 0,25 na análise univariada; p=probabilidade

4.7 Valor Preditivo do Índice Vd/Vt para Reintubação, em Associação com Outros Parâmetros Preditivos Demográficos e Clínico-Ventilatórios Pré-Extubação

A análise multivariada do índice Vd/Vt para extubação, em associação com outros parâmetros está apresentada na Tabela 10. O índice Vd/Vt com corte em 0,65 não apresentou correlação estatisticamente significativa com a reintubação ($p = 0,5576$). O único parâmetro preditivo associado ao sucesso-R foi o pH arterial pré-extubação. Neste caso, cada 0,01 de aumento do pH em relação à média determinou 13% de incremento no sucesso da extubação.

Tabela 10 - Análise multivariada, com regressão logística, de indicadores de reintubação: o índice Vd/Vt e parâmetros clínicos*

Parâmetro*	Valor de p	"Odds Ratio"	IC 95%
pH	0,0259	1,134	(1,015 - 1,267)
PaO ₂ / FiO ₂ admissão	0,0559		
Volume Corrente expirado	0,1465		
Complacência Dinâmica	0,1845		
Vd/Vt $\leq$ 0,65	0,5576		

*Parâmetros com $p < 0,25$ na análise univariada; p = probabilidade

5. *Discussão*

5.1 O índice Vd/Vt Como Preditivo de Sucesso na Respiração Desassistida

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). Pela estratificação dos resultados (Gráfico 13), de toda a amostra de pacientes extubados, já à primeira vista é notória a dispersão dos pacientes que falharam ou foram reintubados, nas várias faixas do índice. Esta distribuição dos casos de insucesso e insucesso-R já indica que o do índice é pouco acurado, para discriminar os pacientes que toleram a extubação. O estudo de Hubble *et al.* (2000), que aplicou estratégia semelhante de análise, encontrou dados bem distintos dos aqui encontrados. Na casuística por eles avaliada, houve uma evidente concentração dos pacientes com falha de extubação nas faixas mais elevadas do Vd/Vt. Estes autores observaram uma significativa diferença da média do Vd/Vt entre os pacientes extubados e os que falharam ($0,44 \pm 0,17$ versus $0,68 \pm 0,16$; $p = 0,0001$).

É importante salientar, entretanto, que a casuística de Hubble *et al.* (2000) era composta por 45 pacientes com faixa etária de uma 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 estas condições tenham favorecido o sucesso de extubação mesmo para pacientes nas faixas mais altas do índice Vd/Vt. A pesquisa de Hubble *et al.* (2000) incluiu apenas 21 casos com doença pulmonar. Diferentemente, em nossa pesquisa, avaliamos essencialmente lactentes - 86 casos - constituídos apenas de crianças com média de idade de 16,8 ($\pm$ 30,1) meses e mediana de 5,5 meses. Adicionalmente apresentavam doença aguda grave e, de modo geral, com algum tipo de lesão pulmonar.

Outro aspecto de destaque quanto ao valor preditivo do índice Vd/Vt é que não houve diferenças nas médias do índice entre as crianças que toleraram a extubação e aquelas que falharam ou foram reintubadas (Tabela 1). Também, não houve diferença nas médias do Vd/Vt entre as crianças que usaram algum tipo de suporte não invasivo e as que foram reintubadas. Estes resultados apontam para uma conclusão preliminar de que o Vd/Vt não permitiu antecipar claramente a evolução dos casos quanto à necessidade e tipo de suporte respiratório pós-extubação. Embora a averiguação e comparação de médias, tenha uma valorização menor em qualquer estratégia de análise estatística, ela é empregada quando se procura estimar a utilidade de um teste preditivo. O índice Vd/Vt foi também analisado, para os casos de falha de extubação e para os reintubados, com relação ao seu desempenho no que diz respeito à sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo e valor preditivo negativo. Em relação à falha de extubação, a sensibilidade foi de 72,3% e a especificidade de 61,9%; enquanto para a reintubação a sensibilidade foi de 65,8% e, a

especificidade 50%. Estes valores mostram que, também sob estes aspectos, o Vd/Vt comportou-se de forma distinta do que foi observado por Hubble *et al.* (2000). Estes autores descreveram uma sensibilidade de 72% e uma especificidade de 92%.

O índice Vd/Vt foi avaliado com relação à razão de verossimilhança (“likelihood ratio”). Na interpretação de índices preditivos, isto é cada vez mais freqüente, pois situa o índice estudado, quanto à sua utilidade clínica (Epstein, 2001). Outra vantagem é que a “likelihood ratio” combina os resultados de sensibilidade e especificidade.

As estimativas da “likelihood ratio” do índice Vd/Vt, encontradas no nosso estudo (Tabela 6), 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 conjunta de indicadores preditivos de falha de extubação e reintubação que tiveram um valor de $p < 0,25$ na análise univariada, pela regressão logística com análise multivariada, observou que o índice Vd/Vt não apresentou significativa correlação ($p = 0,8458$ e $p = 0,5576$ respectivamente). Nossos dados outra vez se contrapõem aos resultados de Hubble *et al.* (2000) que encontraram, na regressão logística, uma forte associação entre o $Vd/Vt > 0,65$ e o fracasso na extubação ($p < 0,002$). Em conjunto, os resultados que verificamos mostram que o valor preditivo do índice Vd/Vt é limitado e difere do encontrado no estudo pioneiro do referido autor.

O significado clínico do índice Vd/Vt será mais conhecido após o término de um estudo multicêntrico que está em curso em 12 unidades pediátricas de tratamento intensivo americanas, patrocinado pelo “Pediatric Acute Lung Injury Clinical Investigators” (“PALICI Network”). A amostra pretende incluir aproximadamente 1300 crianças. Entre os objetivos está a determinação do valor preditivo do índice Vd/Vt, medido com o monitor CO₂SMO – *plus*, com análise pela razão de verossimilhança.

5.2 Considerações sobre a Pouca Acurácia do Índice Vd/Vt

Os motivos pelos quais o índice Vd/Vt não constituiu um bom parâmetro preditivo do sucesso na extubação devem ser avaliados, especialmente por diferir do estudo pioneiro de Hubble *et al.* (2000). Algumas hipóteses podem ser formuladas com base nas características da amostra estudada, na terapêutica realizada, especialmente quanto ao uso da assistência respiratória mecânica.

5.2.1 Características da amostra estudada

5.2.1.1 Demográficas

A população de estudo foi predominantemente composta por lactentes jovens e este fato pode ter prejudicado o desempenho do índice Vd/Vt (Kurachek *et al.*, 2003). Existem características fisiopatológicas próprias da baixa idade: o pequeno lactente apresenta menor resistência à fadiga muscular (Mulreany *et al.*, 2003); tem uma tosse menos eficaz (Callahan, 1996); menor capacidade de eliminar secreções respiratórias (Anderson, 2003) e apresenta

uma via aérea proporcionalmente mais estreita (Cordeiro, 2003). Estas características não são avaliáveis pelo índice Vd/Vt. Os pacientes estudados por Hubble *et al.* (2000) 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.

Os recém-nascidos tendem a um maior percentual de reintubação (Donn e Sinhá, 2003; Sinhá e Donn, 2002; Lee *et al.*, 2002; Dimitriou *et al.*, 2002), o que ocorreu na nossa amostra que continha 15 neonatos (26,6%). A distribuição dos recém-nascidos, entretanto, foi semelhante nos diferentes grupos de sucesso ou falha de extubação.

5.2.1.2 Nosológicas

A condição nosológica dos pacientes também poderia ter implicação na capacidade de manter uma adequada ventilação pulmonar pós extubação, não avaliada pelo índice Vd/Vt.

A laringite pós extubação – A ocorrência de obstruções inflamatórias da via aérea superior em consequência da presença da cânula traqueal pode ser um dos determinantes da falha de extubação (Farias *et al.*, 1998; Venkataraman *et al.*, 2000; Bonmarchand, 2004; Jaber *et al.*, 2004). O índice Vd/Vt não avalia a intensidade de inflamação laríngea à extubação. Observamos uma laringite pós extubação um pouco mais intensa no grupo que falhou, com resultado não significativo.

A infecção pulmonar – No grupo estudado um grande número de pacientes estava em recuperação de processo infeccioso pulmonar. A inflamação e o edema no parênquima pulmonar dificultam a mecânica respiratória. A secreção respiratória é maior nestes casos, e a remoção desta é dificultada no período pós extubação. Portanto, o prognóstico do grupo de infectados é possivelmente pior em relação a não infectados. O índice Vd/Vt não avalia completamente estas alterações histopatológicas pulmonares. O índice tem melhor desempenho com Hubble *et al.* (2000) em que os pacientes, em grande parte, não apresentavam doença pulmonar.

A anemia é citada como causa de reintubação (Hébert *et al.*, 1999; Rothaar e Epstein, 2003). Ao analisarmos a possível ocorrência de anemia verificamos que o percentual de pacientes anêmicos no período pré-extubação foi semelhante entre os que tiveram sucesso, nos pacientes que falharam ou nos que foram reintubados. Todos os grupos de êxito e insucesso tinham uma hemoglobina sérica média superior a 11g/dl. É possível se afirmar, portanto, que no que se refere ao transportador de oxigênio aos tecidos, os pacientes desta amostra contavam com uma razoável margem de segurança. Portanto, esta variável clínica não parece ter interferido no desempenho do índice Vd/Vt quanto à predição de extubação bem sucedida.

Com relação à disfunção muscular, a hipótese mais aceita atualmente considera que o diafragma, principal músculo da respiração, após ser submetido a uma carga resistiva aumentada, desenvolve fadiga, comprometendo a contratilidade e dificultando a sustentação ventilatória. Desta maneira, os

mecanismos compensatórios, tanto respiratórios quanto cardio-circulatórios, seriam acionados ao extremo, predispondo o paciente recém extubado à nova falência respiratória (Smith-Blair, 2002; Vassilakopoulos e Petrof, 2004). 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.

Condições neurológicas – O nível de consciência pode afetar o “drive” respiratório e a tosse, favorecendo a falha da extubação (Coplin *et al.*, 2000). Na nossa amostra, dezesseis pacientes apresentavam quadros de meningite ou síndromes convulsivas à entrada, mas, encontravam-se aptos à retirada da cânula endotraqueal no período pré-extubação. A condição neurológica não foi fator prejudicial ao desempenho do índice Vd/Vt no presente estudo.

As alterações multisistêmicas dos pacientes admitidos na amostra de estudo é outro fator que pode influenciar o desempenho do índice Vd/Vt. Embora ainda seja objeto de debate, alguns autores sugerem que pacientes que apresentem uma situação clínica mais crítica à admissão, e, portanto escores de PRISM mais elevados, terão um potencial maior de não suportar a extubação em função do acometimento extenso de múltiplos órgãos e sistemas (Lindahl, Olsson, 1987; Kurachek *et al.*, 2003;). Os pacientes por nós estudados foram classificados de acordo com o escore de gravidade “PRISM” e apresentaram um escore médio de 12,1. Hubble *et al.* (2000), entretanto, não determinaram o padrão de gravidade dos doentes por eles estudados, impossibilitando uma

adequada confrontação entre os achados. Ao contrário dos nossos dados, pelo menos metade da casuística estudada por Hubble *et al.* (2000) era composta, na sua maior parte, por pacientes em pós-operatório de cirurgia eletiva, sem lesões pulmonares agudas, e sem quadros sistêmicos. Outros autores que avaliaram o índice Vd/Vt também o fizeram em populações específicas que habitualmente não apresentavam afecção respiratória aguda. Em pacientes adultos, Nozawa *et al.* (2003), testaram o índice Vd/Vt em 45 adultos em pós-operatório de cirurgia cardíaca. Mohr *et al.* (2001) empregaram o Vd/Vt em 45 pacientes vítimas de trauma e internados numa unidade de terapia intensiva cirúrgica.

5.2.2 Terapêutica pré-extubação

As intervenções terapêuticas podem, também, determinar alterações morfo-funcionais nos pacientes criticamente enfermos. É possível que algumas destas alterações não sejam avaliadas pelo índice Vd/Vt.

A ventilação mecânica pode causar alterações broncoalveolares, por vezes intensas (Slutsky, 1999). Na situação de desmame respiratório é possível que alterações morfo-funcionais pulmonares dificultem a sustentabilidade da respiração. Para alguns autores quanto maior o tempo de ventilação mecânica há um maior percentual de falha de extubação (Kurachek *et al.*, 2003). Nos pacientes do presente estudo, o tempo de ventilação mecânica previamente à extubação foi maior, mas não significativamente, nos que falharam (média de 145,6h) e foram reintubados (média de 146,93h) que nos que tiveram sucesso (média

de 124,2h) e sucesso-R (média de 127,15h) ($p = 0,447$ e $0,601$ respectivamente). No estudo de Hubble *et al.* (2000) o tempo de ventilação mecânica prévio à extubação foi maior nos que falharam, embora esta diferença não tenha atingido significância estatística (118h vs 200h $p = 0,17$).

As disfunções das musculaturas torácica e diafragmática oriundas do uso do respirador podem ter algum impacto no desfecho da extubação e não serem perceptíveis com o índice Vd/Vt (Manczur *et al.*, 2000a ; Kapasi *et al.*, 2001; Epstein, 2001; Cattapan *et al.*, 2003; Vassilakopoulos e Petrof, 2004; De Jonghe *et al.*, 2004;). Este problema não foi avaliado nos nossos pacientes não sendo, portanto possível quantificar o impacto da disfunção muscular no desempenho do índice Vd/Vt.

A sedação pode ter segundo alguns autores, importância no insucesso da extubação. Neste caso é difícil discriminar entre as ações diretas dos fármacos e os seus efeitos no aumento do tempo de ventilação mecânica; ambos potencialmente prejudiciais à extubação. Em adultos, Brook *et al.* (1999) mostraram que um protocolo de uso de sedação, aplicado pela enfermagem, possibilitou a redução do uso de sedativos, reduziu o tempo de ventilação mecânica, diminuiu a necessidade de traqueostomia e permitiu a redução do tempo de internação na unidade de terapia intensiva em quase dois dias ($p = 0,01$). Kress *et al.* (2000), também em adultos, constataram que a criação de um programa de despertar diário, através da interrupção do uso de sedativos, permitiu a redução do tempo de ventilação mecânica e do período de internação na UTI em 3,5 dias ($p = 0,02$).

Em crianças o quadro não é diferente. Randolph *et al.* (2002) relatam que o uso de benzodiazepínicos e opiáceos nas primeiras 24 horas do desmame retardou a extubação e esteve associado a um maior risco de falha da extubação. Conclusões semelhantes chegaram Venkataraman *et al.* (2000) que referem ser a sedação excessiva uma das principais causas de falha de extubação em crianças.

No que tange à sedação, os pacientes ora estudados, apresentavam, na análise para falha de extubação, e na análise para reintubação, 20 e 33%, respectivamente, de crianças ainda sob uso de algum sedativo. Não se observaram diferenças significativas de falha entre estes grupos. Idealmente, os pacientes já deveriam estar sem medicação à extubação, mas os percentuais verificados são habituais (Venkataraman *et al.*, 2000). Desta forma, não observamos a sedação como fator independente que pudesse ter interferido no índice preditivo Vd/Vt.

No conjunto, a falha de extubação pode ter uma origem multifatorial. Alguns destes fatores intervenientes não são avaliados através do índice Vd/Vt e são poucos quantificáveis, na prática clínica, antes da retirada da cânula endotraqueal.

5.3 Outros Indicadores Respiratórios Preditivos do Sucesso de Extubação

A escolha dos parâmetros clínico-gasométricos preditivos do desfecho da extubação, utilizou as referências da literatura dos últimos 10 anos (Kahn *et al.*, 1996; Manczur *et al.*, 2000b; Epstein, 2001; Beckmann e Gillies, 2001; Scheinhorn *et al.*, 2002; Venkataraman, 2002; Rothaar e Epstein, 2003; Jeyakumar e Puri, 2003).

Na análise univariada, encontramos que a $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, à admissão, guardava relação estatisticamente significativa com o sucesso na extubação. Os pacientes com falha de extubação tiveram uma relação $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$, à internação, significativamente menor ($p = 0,022$), que as crianças que se mantiveram extubadas. Também para reintubação o indicador $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ tendeu a mostrar associação ($p = 0,103$). A análise multivariada confirmou que a relação $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ à admissão se associa significativamente com o sucesso da extubação ($p < 0,0001$), com um “odds ratio” de 1,006 (IC 95% = 1,003-1,008). Nos reintubados, a relação $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ à admissão chegou próximo ao valor de significância estatística ($p = 0,0559$), mas não confirmou a associação verificada com a falha de extubação. É reconhecido que o paciente com uma lesão pulmonar mais intensa na admissão tem maiores dificuldades para dispensar o suporte respiratório (Kurachek *et al.*, 2003). Entretanto, se o paciente consegue tolerar a redução gradual dos parâmetros ventilatórios, porque 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 estas alterações que afetam a função pulmonar. Outra possibilidade é que, o paciente com piores relações de $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 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. Esta hipótese foi também sugerida por Manczur *et al.* (2000a). Argumentam que a intensidade da doença pode ser fator a influenciar o êxito da extubação. Referem, todavia, que um terço das crianças por eles avaliadas estavam em pós-operatório de transplante hepático e, surpreendentemente, estes pacientes não tiveram uma taxa de falha maior que os outros doentes da sua casuística.

A correlação entre $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ à admissão e sucesso na extubação não encontra registro anterior na literatura. Pode-se, entretanto, fazer uma analogia com um estudo que associa a $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ à admissão como determinante do sucesso ou falha do uso de ventilação mecânica não invasiva. Trata-se de trabalho realizado na Itália em que os autores mostram haver uma correlação entre a falha da ventilação não invasiva em pacientes adultos com uma $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ à admissão menor ou igual a 146mmHg (Nava e Ceriana, 2004). É possível, todavia, que o nosso resultado tenha ocorrido de forma fortuita, devendo ser mais bem avaliado em estudos com casuísticas maiores.

Outros parâmetros gasométricos pré-extubação, a PaO_2 e a SatO_2 , estiveram consistentemente mais baixos nos grupos falha de extubação e nos reintubados. Nos pacientes com falha de extubação, a SatO_2 média foi significativamente inferior ($p = 0,041$), o que indica pior condição fisiológica. A

PaCO₂ média não foi maior nos pacientes que falharam na extubação. De fato, os reintubados tiveram uma PaCO₂ até menor que os não reintubados. Um possível motivo para este achado nos grupos falha e reintubação, é a tentativa de manter uma oxigenação adequada, com hiperventilação que produz hipocapnia.

Com relação aos parâmetros ventilatórios, estes se mostraram semelhantes nos grupos sucesso/falha e sucesso-R/reintubação (Tabelas 7 e 8). Considerando os limites pré-estabelecidos no protocolo para se proceder à extubação, poderia, ainda assim, haver alguma diferença entre os pacientes, que refletisse uma pior condição clínica. Encontramos, em termos médios, uma pressão inspiratória de 19cmH₂O, uma pressão média de vias aéreas de 8cmH₂O, uma pressão positiva no final da expiração de 5cmH₂O e um valor da pressão de suporte de aproximadamente 8 a 9cmH₂O (Manczur *et al.*, 2000b; Epstein, 2001; Kharasch *et al.*, 2003). Pode-se conjecturar se os resultados seriam diversos com uma maior pressão de suporte. A respeito da pressão de suporte, todavia, ainda existe dúvida sobre qual o melhor nível para que se considere o paciente pronto para ser extubado. Apesar desta dúvida, a maior parte da comunidade científica acredita que a extubação é aceitável quando o paciente adulto ou criança tenha atingido uma pressão de suporte de 8 a 10cmH₂O (Nevins e Epstein, 2001; Scheinhorn *et al.*, 2002; Farias *et al.*, 2002; Kurachek *et al.*, 2003).

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% sucesso na extubação. Embora as alterações no pH arterial sejam aparentemente pequenas, é possível que este achado nos reintubados esteja vinculado com a ocorrência de hipoxemia e disfunção metabólica por produção de ácidos orgânicos. Esta avaliação não é referida nos estudos disponíveis até o momento e necessita ser reproduzida em estudos com casuísticas maiores. Novamente, porém, podemos fazer uma analogia com o trabalho de Nava e Ceriana (2004). Estes pesquisadores encontraram que um pH arterial menor que 7,3 seria preditivo de falha do uso de ventilação não invasiva.

5.4 O índice Vd/Vt em Comparação com Outros Índices Preditivos

Vários índices preditivos de sucesso de extubação, em adultos, tiveram desempenho mediano quanto à sensibilidade e especificidade. A frequência respiratória (< 38 respirações/minuto) teve sensibilidade de 88% e especificidade de 47%; o índice de respiração rápida e superficial - “rapid shallow breathing index” (< 100 ou 105 respirações/minuto/litro) apresenta sensibilidade entre 65 e 96% e especificidade entre 0 e 73%; O índice *CROP* (“compliance/rate/oxygenation/pressure index”), abrange a troca gasosa, a força da musculatura respiratória, a necessidade ventilatória e a mecânica respiratória e é retratado pela fórmula:

$$\text{Índice CROP} = \frac{[\text{Complacência dinâmica} \times \text{Pressão Inspiratória máxima} \times (\text{PaO}_2 / \text{Pressão alveolar de O}_2)]}{\text{Frequência Respiratória}}$$

Este indicador apresenta nos melhores estudos, valor preditivo positivo de 77% e valor preditivo negativo de 71% (Gologorskii *et al.*, 1997; Afessa *et al.*, 1999; Kondili *et al.*, 2003). Para adultos os indicadores utilizados tiveram valores de verossimilhança positiva entre 0,87 e 2,88 e de verossimilhança negativa entre 0,14 e 1,33 (Sahn e Lakshminarayan, 1973; Ashutosh *et al.*, 1992; Gandia e Blanco, 1992; Mohsenifer *et al.*, 1993; Yang, 1993; Capdevilla *et al.*, 1995; Mergoni *et al.*, 1996; Epstein e Ciubotaru, 1996; Leitch *et al.*, 1996; Gologorskii *et al.*, 1997; Krieger *et al.*, 1997; Jacob *et al.*, 1997; Vallverdu *et al.*, 1998; Afessa *et al.*, 1999).

Na literatura pediátrica, os testes preditivos de sucesso de extubação apresentam sensibilidades e especificidades ainda piores que os de adultos. Usando a frequência respiratória, obteve-se uma sensibilidade de 57 a 73% e especificidade de 65 a 85% (Thiagarajan *et al.*, 1999; Manczur *et al.*, 2000b). Com o índice de respiração rápida e superficial - “rapid shallow breathing index” ajustado para o peso (≤ 8 respirações/ml/kg) foi observada sensibilidade de 43 a 74% e especificidade de 74 a 88%. Para o índice CROP, ajustado para o peso, descrevem-se sensibilidades de 43 a 83% e especificidades de 53 a 89% (Kahn *et al.*, 1996; Farias *et al.*, 1998; Manczur *et al.*, 2000b; Thiagarajan *et al.*, 1999). Para estes testes, a “likelihood ratio” positiva ficou entre de 1,05 a 3,31 e a “likelihood ratio” negativa entre 0,14 a 0,63 (Kahn *et al.*, 1996; El Khatib *et al.*, 1996; Baumeister *et al.*, 1997; Farias *et al.*, 1998; Gil *et al.*, 2003). Estes resultados são, no seu conjunto, pouco satisfatórios (Epstein, 2001).

No presente estudo realizado no HU-USP o índice Vd/Vt apresentou, para falha de extubação uma sensibilidade de 72,3% e especificidade de 61,9%, com “likelihood ratio” positiva de 1,89 e “likelihood ratio” negativa de 0,45. Na análise entre sucesso-R e reintubação a sensibilidade foi de 65,8, a especificidade de 50,0%, a “likelihood ratio” positiva de 1,31 e a “likelihood ratio” negativa de 0,68. Os nossos resultados relativos à sensibilidade, especificidade, razão de verossimilhança positiva e razão de verossimilhança negativa do índice Vd/Vt são próximos aos descritos anteriormente por outros investigadores para outros índices de adultos e crianças.

As principais diferenças, entre o presente estudo e as pesquisas com outros índices preditivos, estão relacionadas com as características populacionais das amostras estudadas. Nas variáveis de idade, peso, PRISM de admissão e tempo de ventilação pré-extubação, os pacientes da nossa amostra, se mostraram um grupo bastante homogêneo, mesmo individualizando os que tiveram falha de extubação e os que foram reintubados. Este padrão populacional confere uma característica única ao nosso estudo, pois os outros trabalhos na literatura, com testes preditivos de extubação, são nitidamente relacionados com populações específicas e com pacientes de faixa etária bem superior (Thiagarajan *et al.* 1999; Edmunds *et al.*, 2001; Farias *et al.* 2002; Randolph *et al.*, 2002; Harrison *et al.*, 2002; Kurachek *et al.*, 2003; Noizet *et al.*, 2004; Jaber *et al.*, 2004). É importante ressaltar que o número de recém-nascidos também foi homogêneo nos grupos falha de extubação e reintubação. Sobre este aspecto, é digno de nota que, na nossa casuística, o número de recém-nascidos que utilizaram ventilação não

invasiva ou que foram reintubados (4/15; 26,6%) é também compatível com os descritos por outros investigadores que avaliaram índices preditivos em neonatologia (Sinha e Donn, 2002; Lee *et al.*, 2002; Dimitriou *et al.*, 2002; Donn e Sinha, 2003).

5.5 Perspectivas Futuras do Índice Vd/Vt e Índices Preditivos de Extubação

De que maneira é possível determinar se um paciente está pronto para ser desmamado da ventilação mecânica e qual a melhor técnica de fazê-lo? Estas perguntas são muito importantes na prática clínica diária do intensivista, quer adulto, quer pediátrico, pois de 30 a 50% dos pacientes admitidos numa UTI irão necessitar de suporte ventilatório invasivo. Se o desmame é prolongado, os custos do tratamento aumentam e crescem os riscos de pneumonia associada à ventilação mecânica, toxicidade do oxigênio, barotrauma e morte. De outro lado, a retirada precoce do respirador muitas vezes resulta em maior estresse metabólico, reintubação e hipóxia podendo também levar ao óbito (Koxsal, 2003; Frutos-Vivar, 2003).

Até recentemente, a extubação e remoção da ventilação mecânica, se dava de forma empírica, baseada, quase que exclusivamente, no julgamento subjetivo do médico que assistia ao doente. Esta abordagem, embora simples, é claramente imprecisa e está associada a variável taxa de falha da extubação, conforme o serviço avaliado (Randolph, 2004). Farias e colaboradores (2004) do “International Group of Mechanical Ventilation in Children” realizaram importante estudo prospectivo multicêntrico, com 36 UTIs pediátricas que analisou inúmeros

aspectos relevantes acerca da ventilação mecânica em crianças, numa coorte de 659 pacientes. Concluíram que a taxa de falha de extubação em crianças está entre 15 a 20% e os reintubados, apresentam uma maior mortalidade. Os dados encontrados corroboram os achados, de vários outros estudos (Thiagarajan *et al.*, 1999; Venkataraman *et al.*, 2000; Farias *et al.*, 2001; Farias *et al.*, 2002; Randolph *et al.*, 2002;).

A Unidade de Tratamento Intensivo do Hospital Universitário da USP apresenta taxas de falha de extubação e reintubação semelhantes às relatadas por outros pesquisadores. Encontramos uma taxa de falha da extubação de 24,4% e uma taxa de reintubação de 11,6%. Comparativamente, Hubble *et al.* (2000) observaram falha de extubação em 29% e reintubação em 6,7% nos 45 pacientes por eles estudados. Manczur *et al.* (2000b) encontraram uma taxa de 14,9% de reintubação num grupo de 47 crianças admitidas a uma UTI pediátrica britânica. Já Harrison *et al.* (2002) citam uma taxa de 10,4% de reintubação para uma amostra de 212 crianças em pós-operatório de cirurgia cardíaca de um serviço norte-americano. Kurachek *et al.* (2003) empreenderam um estudo multicêntrico, envolvendo 16 UTI pediátricas americanas com uma população de 2794 crianças, e observaram uma taxa de reintubação de 6,2%. Na Argentina, Farias *et al.* (2002) relatam uma incidência de reintubação de 14% das 323 crianças incluídas no estudo.

O perfil de pacientes admitidos na UTIP do HU-USP também é compatível com o descrito por outros autores que estudaram o índice Vd/Vt. Recentemente, Coss-Bu *et al.* (2003) procuraram associar o índice Vd/Vt com a mortalidade de

quadros de lesão pulmonar aguda. Para tanto, estudaram um grupo de 45 pacientes pediátricos com distúrbios respiratórios agudos e sob ventilação mecânica. Observa-se que, semelhante aos dados de nossa pesquisa, os autores incluíram pacientes com diagnósticos variados como sepse (10 crianças), neoplasias (5), pneumonias (20), pós-operatórios (8) e síndrome de Stevens-Johnson (2).

Uma dificuldade na avaliação de falha na extubação é que há um outro procedimento médico imediatamente precedente – o desmame do ventilador. A retirada do suporte respiratório pode, por si, determinar falha na extubação. A padronização do desmame ainda é imperfeita (Venkataraman, 2002; Rothaar e Epstein; 2003; Jaber *et al.*, 2004; Noizet *et al.*, 2004).

Vários testes e índices já foram propostos por diversos autores, tanto para adultos quanto para crianças, com o intuito de tornar a predição de uma extubação bem sucedida mais objetiva. Os resultados disponíveis até o momento são, na sua maioria, pouco precisos e, portanto pouco efetivos na discriminação dos pacientes que irão tolerar a extubação.

Há mais de 50 anos os pesquisadores na área de terapia intensiva têm investigado o papel do índice V_d/V_t como um marcador de lesão pulmonar e alteração da relação ventilação: perfusão. Porém, o índice V_d/V_t , como indicador de extubação foi, até hoje, muito pouco testado e utilizado. Esta observação pode ser atribuída à falta de interesse na aplicação de uma medida que, até pouco tempo, dependia de uma coleta dificultosa de todo gás expirado para a medida do CO_2 . Outro motivo poderia ser a alta incidência de doenças pulmonares

crônicas em adultos, que elevam o valor basal do V_d/V_t e dificultam a interpretação do índice como preditivo da recuperação pulmonar. Esta situação não é o habitual na faixa pediátrica onde a maior parte das crianças apresenta função pulmonar basal normal. Porém, somente uma parcela dos pacientes pode ser adequadamente avaliada pelo índice. De forma geral, o índice V_d/V_t não deve ser aplicado em crianças portadoras de pneumopatias crônicas, cardiopatias congênitas cianóticas, doenças neuromusculares e em recém-nascidos de baixo peso de nascimento (Cheifetz, 2003).

O desenvolvimento de índices preditivos é fundamental para tomar a decisão da extubação, pois nenhum dos índices preditivos analisados até o momento conseguiu cumprir este papel a contento. O índice V_d/V_t , mesmo sendo hoje um parâmetro de obtenção relativamente fácil, e embora tenha sido considerado, por outros investigadores, como promissor na qualidade de preditor de extubação, não teve este desempenho na discriminação das crianças que iriam tolerar remoção da cânula endotraqueal. O papel do índice V_d/V_t , como preditivo de extubação bem sucedida, deverá ser aprimorado com o estudo multicêntrico americano, que está em curso atualmente.

A extubação bem sucedida depende da resolução, ainda que parcial, do processo patológico que motivou a instituição do suporte respiratório. Outros fatores que afetam o sucesso da extubação incluem: a capacidade de trocas gasosas; a força muscular; a função e permeabilidade da laringe; a eficiência da tosse; o estado nutricional e psicológico e a dissipação dos efeitos dos agentes sedativos e curarizantes. São relevantes, também, algumas modalidades

terapêuticas da unidade de tratamento intensivo no cuidado do paciente grave: tipo e dose dos sedativos; estratégia de desmame ventilatório, entre elas o uso da ventilação não invasiva; e a retirada rápida da ventilação em pacientes pós-cirúrgicos (Kurachek *et al.*, 2003).

Portanto, o índice preditivo ideal talvez deva, além de medir a função respiratória, fornecer informações sobre: o estado de consciência da criança; a função da musculatura respiratória; a característica e volume da secreção respiratória; a eficiência do reflexo da tosse e sobre o grau de permeabilidade da via aérea superior. No caso do paciente pediátrico, o índice ideal deveria ser ajustável a peso e/ou faixa etária. Este índice, embora ainda seja uma meta longínqua, deve ser contínua e obstinadamente perseguido.

6. Conclusões

a) - O desempenho do índice Vd/Vt, com corte em 0,65, foi limitado na sensibilidade e especificidade e medianamente satisfatório na razão de verossimilhança na discriminação entre sucesso e falha de extubação ou reintubação.

b) - O índice Vd/Vt médio não discriminou os grupos de sucesso, falha de extubação e reintubação.

c) - Na avaliação conjunta do índice Vd/Vt com outros parâmetros clínico-gasométricos, este indicador não mostrou significância como preditivo de sucesso na extubação.

d) - Na avaliação conjunta de índices clínicos, gasométricos, e do índice Vd/Vt, a $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ à admissão mostrou associação direta com o sucesso na extubação.

e) - Na avaliação conjunta de índices clínicos, gasométricos, e do índice Vd/Vt, o pH arterial pré-extubação mostrou associação direta com o sucesso, frente à possibilidade de reintubação.

f) - Existem indícios de que o índice Vd/Vt possa ter diferente acurácia conforme a população analisada.

7. Anexos

ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

CASO NÚMERO: _____

ALBERT BOUSSO - Avaliação da relação entre espaço morto e volume corrente como índice preditivo de sucesso na retirada da ventilação mecânica

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

DEPARTAMENTO DE PEDIATRIA - SETOR DE TERAPIA INTENSIVA PEDIÁTRICA -
HOSPITAL UNIVERSITÁRIO-UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
CONSENTIMENTO INFORMADO PARA PARTICIPAÇÃO
EM PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação da relação entre espaço morto e volume corrente como índice preditivo de sucesso na retirada da ventilação mecânica

Pesquisador: ALBERT BOUSSO

Seu(ua) filho(a) está sendo convidado(a) para participar de um estudo que está sendo realizado no Hospital Universitário. Com essa pesquisa desejamos conhecer os dados que reforçam a capacidade de seu(ua) filho(a) de se manter com uma boa respiração sem o auxílio de uma máquina conhecida como respirador mecânico. A intubação traqueal é um dos procedimentos mais frequentemente realizados enquanto as crianças estão na UTI. Geralmente é uma maneira segura e eficaz para manter a respiração do seu filho(a). O momento adequado para a retirada da respiração mecânica é normalmente baseado em dados clínicos e laboratoriais. Existem crianças que apesar destas avaliações não conseguem se manter livres da máquina.

A presente pesquisa visa aplicar um índice numérico para auxiliar na separação das crianças que conseguirão ou não se manter fora do respirador mecânico. Para se obter este índice o seu(ua) filho(a) será tratado da forma habitual para a sua doença e logo imediatamente antes da remoção do tubo traqueal serão feitas algumas medidas respiratórias através do uso de um monitor eletrônico conectado ao tubo. A aplicação deste monitor em nada muda o tratamento ou o risco de complicações, sendo realizada num período de aproximadamente 20 minutos.

Os resultados do exame feito no seu(ua) filho(a) podem ajudar diretamente a outras crianças. Se este índice for eficaz, a retirada do tubo poderá se processar de maneira mais confiável no futuro.

Todos os dados e resultados coletados durante a pesquisa são sigilosos. Não haverá nenhum custo financeiro relacionado a participação na pesquisa, e também não haverá qualquer tipo de pagamento para a participação do(a) seu(ua) filho(a) no estudo.

Você poderá esclarecer suas dúvidas com os membros da equipe e poderá não aceitar participar da pesquisa sem que isso cause prejuízo no seu atendimento no hospital.

Sua assinatura nesse termo de consentimento indica que você decidiu autorizar a participação do(a) seu(ua) filho(a) no estudo, após leitura (ou alguém ter lido para você) das informações colocadas nesse documento.

Assinatura do Pai/ Mãe/ Responsável legal

Data

Grau de parentesco

Assinatura do pesquisador

CASO NÚMERO: _____

ALBERT BOUSSO - Avaliação da relação entre espaço morto e volume corrente como índice preditivo de sucesso na retirada da ventilação mecânica

TERMO DE CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

1) Dados de identificação do sujeito da pesquisa ou responsável legal

Nome do Paciente: _____

Documento de identidade: _____

Sexo: M ☐ F ☐

Data de Nascimento: ____/____/____

Endereço: _____

Bairro: _____ Cidade: _____

Estado: _____ CEP: _____ Tel: (____) _____

2) Responsável legal:

Natureza (grau de parentesco): _____

Documento de identidade: _____

Sexo: M ☐ F ☐

Data de Nascimento: ____/____/____

Endereço: _____

Bairro: _____ Cidade: _____

Estado: _____ CEP: _____ Tel: (____) _____

ANEXO B - FICHA DE COLETA DOS DADOS

**Protocolo de avaliação da relação espaço morto / volume corrente
(Vd/Vt) como índice preditivo de extubação bem sucedida**

CASO NÚMERO: _____

Nome: _____

RH: _____ N° Atendimento: _____

Data de Nascimento: ____/____/____ Idade: _____

Data de Internação: ____/____/____ Hora: _____

PRISM _____

Diagnósticos de Entrada:

1) _____

2) _____

3) _____

4) _____

Estado nutricional: Peso: _____ Altura: _____

Se menor de 1m de idade: Peso de Nascimento: _____

Indicação de Ventilação Mecânica: _____

Data do Início da VM: ____/____/____ Hora: _____

PaO₂/FiO₂ à admissão: _____

Dados pré-extubação:

Data da Extubação: ____/____/____ Hora: _____

Parâmetros da VM pré-extubação: FiO₂: ____ FR: ____ P_{insp}: ____ PEEP: ____

PS: ____ % Escape: _____

Dados Clínicos pré-extubação: FR: ____ DatO₂: ____ ETCO₂: _____

Sedação: Hb/Ht: _____ Outros: _____

Dados de Mecânica Respiratória

VT: ____ VM_{exp}: ____ Complacência Din: ____ Resist: ____ Ins: ____

Resist. Exp: _____ MAP: _____ PIP: _____ PEE: _____

Dados da Extubação e da Medida do Vd/Vt:

pH: ____ pO₂: ____ pCO₂: ____ HCO₃: ____ BE: ____ SatO₂: ____

Vd/Vt calculado pelo CoSMO₂-plus = SatO₂ _____

Observações: _____

Dados da Imediatamente Pós-Extubação:

Escore de Downes e Raphaelly pós-extubação: _____

Condições de oxigeniterapia pós-extubação: _____

Dados de evolução pós-extubação

Tempo	Hora	FC	FR	BAN	Musculatura Acessória	Downes- Raphaelly	SatO ₂	PO ₂	PCO ₂	FiO ₂
1										
2										
3										
6										
9										
12										
18										
24										
30										
36										
42										
48										

* As linhas sombreadas correspondem aos tempos com coleta de gasometria arterial

Evolução da terapêutica respiratória:

Uso de CPAP: ☐ Sim ☐ Não Data: __/__/__ Hora: _____

Indicação: _____

Uso de BiBAP: ☐ Sim ☐ Não Data: __/__/__ Hora: _____

Indicação: _____

Reintubação: ☐ Sim ☐ Não Data: __/__/__ Hora: _____

Indicação: _____

Caso definido como falha: ☐ Sim ☐ Não

Porque?: _____

ANEXO C - REPRESENTAÇÃO INDIVIDUAL DOS PACIENTES DO ESTUDO

Nº	Nome	Id (m)	Peso (g)	Esta (cm)	T de VM (h)	Ind. da VM	Diag.	PRI	PaO ₂ / FiO ₂	FR	Pinsp	PEEP	PS	VC ins	VC ex	% Esc	
1	CDD	43	13060	89	210,0	IR	B	15	187	35	8	20	8	13	75	67	10
2	TAO	26	11250	87	69,75	PO+IH	PO	12	211	40	8	21	7	8	41	40	0
3	RN de RSS	1	2880	48,5	30,0	IH	B+S+DHE	ND	227	35	8	18	4	10	27	25	6
4	CGPS	3	4030	52	162,5	Ap	B+Sib	10	176	35	12	18	5	7	33	30	10
5	VHSR	4	6180	58,5	28,0	PO	PO	24	234	30	8	19	7	7	38	38	0
6	RN de CMO	0,1	2860	48	179,5	IR	AM	ND	145	30	8	14	4	9	19	18,6	2
7	MSL	9	9240	77	386,0	IR	B+S	21	132	35	10	20	6	10	85	79	8
8	JAJC	35	9200	70	187,5	IR	B+Sib	8	169	35	8	24	6	11	41	41	0
9	VMFM	9	8375	73	173,0	IR	B+Sib	16	125	21	8	22	6	9	89	91	0
10	RN de MRBS	0,03	3550	47	18,0	IR	AM	ND	195	30	10	19	4	8	114	77	28
11	VNS	0,6	2550	46	75,5	IR	B	6	190	35	12	17	6	6	22,5	23	0
12	AGS	1	4644	56	75,0	IR	B+Sib	6	172	35	10	20	5	8	24,1	25,7	0
13	LVSM	11	10980	73	59,5	IR	B	12	156	30	8	20	7	8	66	60	9
14	FOC	5	8450	63	92,0	Sup	M	13	312	25	8	18	5	8	34	34	0
15	NBML	2	5450	59,5	49,0	Sup	M	9	384	35	12	18	5	8	31	38	0
16	ISCCS	5	7995	67	116,3	IR	B+Sib	15	234	30	8	20	5	8	50	46	8
17	GSL	0,6	3290	51	95,5	PCR	S+C	14	89	30	8	22	7	8	12,6	12,3	2
18	RN de GS	8	8690	70,5	160,3	Sup	B	16	215	25	62	18	6	10	51	55	0
19	GM	20	10910	85	87,3	IR+IH	B+S	16	138	21	10	22	6	9	110	110	0
20	CCS	168	40000	155	170,0	IR	B	6	265	25	10	20	5	13	119	118	0
21	MLNC	1,5	2390	45	10,5	Ap	B	17	198	30	10	18	7	8	12,5	11,8	6

Continua

Continuação

Nº	Nome	Id (m)	Peso (g)	Esta (cm)	T de VM (h)	Ind. da VM	Diag.	PRI	PaO ₂ /FIO ₂	FIO ₂	P insp	PEEP	PS	VC ins	VC ex	% Esc	
22	ESM	14	7700	69	141,3	IR	S+Sib+SD	24	166	25	8	22	4	8	65	58	10
23	GMS	18	8140	76,5	18,5	IR	B	12	225	25	8	23	5	10	64	64	0
24	JAM	8	8700	69	195,0	IR	B+S	5	177	25	8	15	4	7	27	22	10
25	RAS	20	10600	84	83,5	IR	B+S	6	158	30	8	20	6	4	91	71	21
26	RN de NACS	0,1	2940	48	89,0	IR	B+HP	ND	133	30	10	18	5	5	15,4	16,2	0
27	KAS	10	9700	71	370,5	IR	B+Sib	9	249	30	10	21	4	7	80	82	0
28	VHGS	2,5	2945	51	139,0	Ap	B+S	29	167	30	10	16	5	5	16	18	0
29	BSS	7	7300	66	33,0	Sup+IH	B+S+DHE	18	155	25	10	18	5	8	46,7	45,2	1
30	RN de FBR	0,03	2820	49,5	272,0	IR	S+AM+HP	ND	110	25	10	20	8	8	18,4	17,4	6
31	GSS	7	7220	70,5	157,5	IR	B+Sib	13	239	30	10	15	5	8	69	70,9	0
32	TSS	16	10700	77	149,5	IR	B	14	167	30	10	18	6	8	60	61	0
33	GRS	32	12920	87	101,0	IR	B+Sib	5	186	40	8	23	6	14	118	118	0
34	RN de ECP	0,25	3055	47	163,0	IR	HP	ND	97	25	8	19	5	7	14,3	14,2	0
35	RN de MM	0,06	2855	49	190,0	IR	B	ND	222	25	8	23	5	7	21,4	19,4	9
36	RN de JAS	0,03	2880	50	25,0	Ap	S	ND	192	30	8	17	7	12	19	17,9	5
37	RLMOF	11	8220	69,5	100,6	IR	B+Sib	16	244	35	8	20	5	8	67	60	10
38	RN de RMR	1	3800	55	95,5	IR	B	ND	199	21	10	18	5	10	23	22	0
39	VRS	86	30000	125	613,0	Sup	C+Enc	6	329	30	27	13	6	7	207	202	2
40	VEAA	4	4100	59,5	64,2	IR	B+S+Sib	7	289	30	8	18	5	8	19,7	19,5	0
41	BCLP	6	7500	66	50,3	Sup	DA	19	335	25	12	22	5	10	47,2	52,6	0
42	VNE	3	2875	48	245,5	IR	Sib	10	176	40	8	20	7	10	13,6	12,4	7

IR - insuficiência respiratória; PO - pós-operatório; IH - instabilidade hemodinâmica; Ap - apnéia; Sup - suporte; PCR - parada cardíaca; B - broncopneumonia; S - seps; DHE - distúrbio hidroeletrólítico; Sib - sibilância; AM - aspiração meconial; M - meningite; C - choque; HP - hipertensão pulmonar; DA - diarréia aguda; Poli - politrauma

Continua

Continuação

Nº	Nome	Id (m)	Peso (g)	Esta (cm)	T de VM (h)	Ind. da VM	Diag.	PRI	PaO ₂ /FIO ₂	FR	Pinsp	PEEP	PS	VC ins	VC ex	% Esc	
43	LGO	12	10000	76	77,0	IR	B+Sib	10	215	25	8	15	4	10	46	59	0
44	GRR	2	4170	56	84,7	IR	B	10	149	25	10	20	6	7	30	32	0
45	AAS	5	6640	64	61,7	IR	B+Sib	10	220	35	12	25	6	9	54,3	53,2	0,5
46	JPSS	31	12500	80	51,5	PCR	B	21	109	30	6	13	6	7	126,2	122,1	3
47	WSN	11	7500	67	54,0	IR	B+PO	9	262	40	25	20	6	10	55	50	10
48	MVSA	10	6000	67	84,0	IR	B	111	188	35	8	18	7	6	35	32	8
49	RN de NSSC	1	4450	54	106,0	Sup	S+HSCN	35	249	30	8	18	7	10	27	25	10
50	RDS	3	6800	60	96,0	IR	Sib	11	335	30	6	19	5	10	35,8	35,7	0
51	PHDS	5	7265	63	60,0	IR	Sib	8	259	50	10	20	5	7	46	41	11
52	RDL	8	7000	70	28,6	IH	M+S+DHE	11	290	25	8	17	5	9	58,2	58	0
53	JNS	20	13000	86	107,0	IR	B	7	171	30	8	20	5	9	90	83	8
54	RN de AMC	0,2	3400	52	40,3	IR	S	ND	288	30	8	17	6	8	18,7	16	8
55	ISS	34	12600	90	307,5	IR	B+S	19	182	30	10	20	5	5	100	103	0
56	RN de MJS	0,03	2785	52	202,0	IR	B+AM+HP	ND	140	35	8	20	5	9	18,9	18,5	0
57	JPS	13	7100	69	251,0	IR	B	27	228	35	10	25	6	15	49	49	0
58	ANO	5	9475	68	77,0	IR	B	15	183	30	10	18	5	12	59	52	11
59	KFO	42	14000	94	235,3	IR	B+S	20	118	30	8	23	6	10	70	52	23
60	FMP	2	3830	46	283,3	IR	B	21	226	30	8	23	5	11	15,9	13,1	4
61	TTS	10	7800	72	120,0	IR+IH	S	15	208	30	12	20	6	10	40	46	0
62	NCAB	65	12700	84	49,7	IResp	B+N	111	184	30	15	20	4	9	63	70	0
63	TSG	26	14000	87	17,3	IH	M	18	276	25	8	15	5	10	96	101	0

As linhas destacadas em vermelho representam os pacientes reintubados, as linhas destacadas em azul representam os pacientes que fizeram uso da ventilação não invasiva e as destacas em negrito representam os recém-nascidos

Continua

Nº	Nome	Id (m)	Peso (g)	Esta (cm)	T de VM (h)	Ind. da VM	Diag.	PRI	PaO ₂ /FIO ₂	FR	P _{insp}	PEEP	PS	VC ins	VC ex	Conclusão	
																% Esc	
64	DKAF	39	15200	92	104,5	IR	B+Sib	8	227	35	8	20	5	10	130	106	18
65	CMSA	56	16500	99	383,5	IR	B+N	10	286	40	8	20	6	9	104	100	3
66	BLS	67	18000	110	22,0	Sup	C	3	388	25	8	12	6	6	177	150	6
67	CAR	2	3700	54	436,0	Sup	D+S	11	205	25	8	18	5	6	24,9	23	8
68	RN de ELS	0,23	3125	47	138,0	IR	AM	ND	179	35	8	11	5	6	21	21	0
69	ASR	8	63900	68	36,5	IH	B+S	5	209	21	8	18	6	6	37	31	16
70	FOR	178	55000	162	11,7	Sup+IR	B+Poli	7	222	21	8	20	5	8	261	255	2
71	PHCM	3	7700	69	129,5	IR	B+Sib	10	245	25	10	17	5	7	28	35	0
72	DSS	56	17000	104	65,0	IR	B	6	215	35	20	20	5	13	115	105	9
73	RN de VER	0,2	3070	50	141,5	IR	B	ND	183	25	15	17	7	10	14	14	0
74	EBO	4	7300	61	22,5	Sup	M+C	9	361	30	12	18	5	8	53,2	41,8	19
75	SNR	2	2395	50	114,7	IR	B	14	278	35	12	21	5	10	13,4	10,8	20
76	BDSD	2	5000	56	148,0	IR	B	7	265	35	15	21	5	5	53	61	0
77	RN de RES	0,03	3540	50,5	21,0	Ap	RNT-AIG	ND	256	30	10	21	6	10	6	5,4	10
78	MAS	2	4660	53	93,0	IR	Sib	13	288	35	8	16	4	6	18,9	13,4	25
79	MCPO	0,5	3100	56	196,0	IH+Sup	B+S+M	ND	184	30	15	18	6	8	6,8	7,5	0
80	LD	8	6700	64	178,0	IR	B+Sib	10	255	30	10	22	5	15	24	20	15
81	ECBM	60	25000	110	48,0	Sup	M+S	13	245	40	10	20	5	13	204	175	15
82	MPMC	4	5200	60	448,0	IR	B+Sib+N	13	232	30	32	21	6	10	40	34	15
83	NANM	33	6300	83	117,5	Ap	B+S+C	111	251	30	12	18	5	8	61	47	23
84	FKDS	2	5860	57	66,7	IR	B	0	194	30	10	19	5	8	37,9	37	0
85	TNS	3	5270	55	66,3	IR	B+Sib	10	225	30	10	20	6	10	27,1	27	10
86	TDLO	14	8940	73	19,0	IR	B	15	219	40	15	22	7	10	61,2	61,3	0

Continuação

Nº	FR	Sat O ₂	ET CO ₂	Hb	Ht	Se	pH	PO ₂	PCO ₂	Sat O ₂	VC	Comp	Res Ins	Res Exp	MAP	PIP	PEEP	Vd/Vt	Tipo de Falha
1	60	96	47	12,7	37	N	7,45	76	37,4	95,8	65	4	34	34	12	16	6	0,56	
2	60	98	53	11,9	35	S	7,38	134	49,1	98,9	40	5	54	54	11	18	7	0,63	
3	33	98	31	13	38	N	7,29	128	26,7	98,6	23,7	5,5	61	61	5	12	4	0,57	
4	47	94	40	8,8	26	N	7,42	71	40	94,5	30	5	59	63	11	18	7	0,65	
5	42	100	52	10,4	31	N	7,36	122,8	38,2	98,6	33	15	21	23	9	16	7	0,42	
6	65	94	47	11,5	36	S	7,36	60	48,9	89,3	19	4,6	42	43	5	12	4	0,45	
7	44	100	28	14,9	45	N	7,44	14,9	37,1	99,4	85	28,5	19	16	10	17	6	0,62	
8	43	92	74	8,1	26	N	7,35	77	60,7	94,1	41	11	33	32	9	16	7	0,61	
9	44	99	39	12,7	38	N	7,43	271	37,5	99,9	84	13	10	10	10	16	6	0,65	
10	54	95	27	15,3	45	S	7,3	84	42,7	95,2	11,6	4,8	27	34	12	18	4	0,83	
11	88	99	48	14,5	41	S	7,35	126	43	98,7	9	58,7	13	12	10	16	6	0,97	
12	32	97	38	11,4	34	N	7,4	80	32,4	96	4,9	5,5	25	26	8	16	5	0,81	Cp+I
13	53	93	43	13,9	43	N	7,45	108	25	98,6	5,8	13	16	16	9	16	7	0,52	
14	40	97	35	11,3	34	N	7,39	73	37,7	94,4	4,5	5	33	33	7	16	5	0,43	
15	70	96	50	11,8	36	N	7,37	113	27,8	98,4	9,6	11	10	11	10	17	8	0,96	
16	42	96	34	11,7	36	N	7,3	93	39,9	96,5	5,8	11	24	24	7	16	6	0,8	
17	38	95	36	13,4	41	N	7,38	72	38	94,2	4,5	2,2	105	112	9	16	7	0,6	
18	60	100	51	11,1	34	N	7,45	95	38,8	97,8	6,5	9	7	7	9	17	6	0,82	
19	26	94	39	12,8	39	N	7,48	67	35,5	94,3	5,5	37	21	24	9	16	8	0,63	
20	60	94	41	12,1	36	N	7,47	80	31	96,7	3,05	9	14	15	11	18	7	0,8	
21	47	99	48	11,5	32	N	7,38	93	35,2	97,2	6	0,5	21	22	9	6	6	0,71	

Se - sedação; Comp - complacência; Cp - CPAP; I - intubação; Bi - BiPAP

Continua

Continuação

Nº	FR	Sat O ₂	ET CO ₂	Hb	Ht	Se	pH	PO ₂	PCO ₂	Sat O ₂	VC	Comp	Res Ins	Res Exp	MAP	PIP	PEEP	Vd/Vt	Tipo de Falha
22	44	95	36	13,9	40	N	7,49	77	34,5	96,4	7,7	17	5	5	7	11	5	0,71	
23	27	93	30	11,4	33	N	7,46	67	26,4	94,5	7,8	21	10	14	7	15	6	0,62	
24	63	95	48	11,7	34	N	7,36	58	27,2	89,4	6,9	10	22	22	6	13	4	0,23	
25	26	94	40	10,9	32	N	7,46	69	22,9	95,2	6	25	31	32	8	10	7	0,65	
26	100	97	36	13,8	40	N	7,38	107	33	98	6,4	5	54	55	6	21	5	0,3	Cp+I
27	44	92	45	13,9	42	N	7,42	72	42,4	94,6	7,1	25	7	7	6	12	5	0,65	
28	48	93	47	13,1	39	N	7,32	75	47	93,6	4,7	2,5	105	210	15	18	7	0,76	Bi
29	59	99	32	11,5	34	N	7,2	64	35,6	87	6,1	14,5	11	11	6	16	5	0,78	Cp+I
30	30	97	45	14	41	N	7,31	70	41	92	6,2	6,5	86	128	10	19	8	0,58	Bi
31	33	94	34	9,9	29	S	7,46	77	38,3	96	9	8,9	18	18	7	16	5	0,65	
32	37	99	55	12,8	37	N	7,38	75	54	94	6,1	11,5	29	29	7	16	5	0,7	
33	33	90	27	11,5	34	N	7,37	59	32,8	89,8	8,8	9	27	27	12	23	6	0,45	I
34	36	94	20	15,4	46	N	7,27	46	47,6	75	4	2,1	81	90	8	15	6	0,83	
35	58	98	34	13,6	39	N	7,44	58	30,8	91,3	12,2	15,5	37	47	5	5	5	0,29	
36	47	98	41	9,6	28	N	7,45	112	30,6	98,7	6,5	13,2	10	13	7	7	7	0,61	
37	32	97	33	11	34	S	7,41	114	32,4	98,6	7,8	9	32	33	8	18	6	0,6	
38	31	96	37	12,3	35	S	7,39	88	34,9	96	6,7	6,8	46	47	6	16	6	0,81	
39	27	96	36	9,1	26	S	7,39	96	31,6	97,7	7,1	73	7	7	7	14	6	0,8	I
40	56	99	33	9,1	27	S	7,4	105	35,4	98,1	5,2	4,4	51	53	7	17	5	0,57	
41	54	90	45	9,4	28	N	7,38	93	43,7	98,6	8,4	8,2	10	8	5	17	7	0,65	
42	28	96	48	9,6	27	N	7,31	59	56	87,3	4,6	2,4	43	47	11	21	7	0,5	

Continua

Continuação

Nº	FR	Sat O ₂	ET CO ₂	Hb	Ht	Se	pH	PO ₂	PCO ₂	Sat O ₂	VC	Comp	Res Ins	Res Exp	MAP	PIP	PEEP	Vd/Vt	Tipo de Falha
43	44	95	35	9,3	28	N	7,42	88	36,4	97	6,1	8	39	36	6	14	3	0,88	
44	60	97	35	9,9	30	S	7,36	64	42	91	12	3,5	46	48	6	7	7	0,92	
45	42	96	41	8,8	27	N	7,37	84	45,1	95,9	8,4	8,3	26	26	9	17	6	0,8	
46	44	100	28	11,1	36	N	7,35	98	25,7	97,5	8,7	38,6	3	3	7	13	6	0,66	I
47	60	95	44	11	34	N	7,25	92	42	95	8,4	8	22	21	10	18	8	0,65	
48	64	91	49	10,5	33	N	7,31	67	37	91,6	7,3	10	30	36	9	19	6	0,66	Bi
49	60	97	33	13,1	40	N	7,45	103	31	100	6	5,8	67	68	6	6	6	0,88	
50	36	94	37	13,3	42	N	7,36	79	43	95,1	2,8	7,4	32	33	7	17	5	0,53	
51	50	94	48	8,5	27	S	7,43	69	35,8	94,2	5	14	37	39	6	18	5	0,58	
52	49	100	28	8,3	26	N	7,45	95,5	29,6	99,8	7,7	15,1	9	9	6	13	5	0,31	
53	53	95	30	12,5	37	N	7,43	69	33	94	6,1	9	22	22	9	20	6	0,4	Cp+I
54	61	97	37	11	33	N	7,4	98	34	97	4,4	3,6	57	58	6	15	4	0,75	
55	26	100	44	9,5	27	S	7,5	93	32	98	9,4	34,6	12	12	6	11	4	0,58	
56	49	96	36	14	42	N	7,34	45	47	78	5,1	2,2	45	48	9	18	6	0,93	I
57	50	93	61	9,2	28	N	7,29	71	58	92	5	5,4	43	42	7	18	4	0,52	
58	48	98	35	9,2	28	N	7,47	109	36	98	6,2	8	21	6	8	21	6	0,5	Bi
59	49	95	48	15,3	46	N	7,43	77	29	96	5	9	31	31	11	20	6	0,89	Cp
60	78	98	30	10,9	33	S	7,45	69	39	94	2,7	1,8	80	84	11	17	8	0,84	Cp
61	34	100	36	11,1	35	N	7,5	128	31	99	5,1	7,3	25	24	8	15	7	0,38	
62	16	96	36	9,2	29	N	7,39	94	38	97	4,8	40	28	26	7	19	6	0,73	I
63	30	99	32	12	38	N	7,4	93	33	97	8,5	19,3	6	6	6	16	6	0,6	

Continua

Conclusão

Nº	FR	Sat O ₂	ET CO ₂	Hb	Ht	Se	pH	PO ₂	PCO ₂	Sat O ₂	VC	Comp	Res Ins	Res Exp	MAP	PIP	PEEP	Vd/Vt	Tipo de Falha
64	25	96	40	9,3	29	N	7,43	92	40	97	7	16,8	7,5	7,5	7	7	4	0,65	
65	28	89	49	10,8	32	N	7,45	65	42	93	6,6	21	8	8	7	15	6	0,52	
66	28	98	34	8,4	25	S	7,39	99	36	97	8,9	40	11	11	7	14	6	0,54	
67	42	97	33	12,2	37	N	7,4	117	33	98	6	41	34	41	8	14	6	0,62	
68	90	97	35	14,8	43	N	7,41	49	29	85	6,8	11	30	30	6	15	5	0,58	
69	60	100	31	8,7	26	S	7,41	46	28	83	5	21,7	18	17	7	13	6	0,39	Bi
70	24	100	31	12,2	36	N	7,46	100	29	98	5,9	42	8	8	9	16	6	0,48	
71	39	96	41	8,5	26	S	7,46	69	31	94	3,8	4	49	53	7	16	8	0,17	Bi
72	42	96	44	9,5	29	S	7,56	104	27	98	5,2	16	21	23	8	19	5	0,11	
73	55	98	32	13,3	40	N	7,36	77	36	95	3,2	2,4	67	67	9	18	8	0,72	
74	49	96	36	11,2	33	S	7,48	94	29	98	5,7	10,5	14	14	7	15	5	0,65	
75	12	97	51	11,4	36	N	7,42	91	42	97	5,4	1,2	47	48	8	16	6	0,47	
76	47	98	36	9	28	S	7,43	76	42	95	11,8	18,6	12	12	6	9	6	0,54	Cp+I
77	68	99	37	15,1	47	N	7,41	106	34	98	3,8	4,2	22	30	8	16	6	0,65	
78	40	93	48	14,2	43	N	7,35	65	45	91	2,2	34,9	62	76	6	16	5	0,65	
79	80	99	48	15,5	47	N	7,36	85	50	96	5,6	1,6	20	24	8	17	5	0,88	Cp
80	53	92	25	10,3	32	N	7,51	62	34	93	3,4	6,3	83	93	9	22	5	0,61	
81	24	96	31	10,2	31	N	7,5	93	28	98	6,6	18	21	21	9	20	5	0,72	
82	32	95	38	13	38	S	7,39	80	36	96	6,3	15	46	20	8	21	6	0,28	
83	32	96	45	9,4	30	S	7,44	69	41	94	8,7	15	20	21	6	15	5	0,8	Bi
84	47	97	39	8	25	S	7,49	65	31	94	6,5	5,8	25	25	6	15	5	0,45	
85	48	98	41	8,3	26	S	7,32	130	49	99	6,3	7,1	40	40	7	7	7	0,65	
86	40	89	56	10,6	33	S	7,4	64	49	97	60	5,2	12	12	9	16	8	0,75	Bi

8. Referências

Afessa B, Hogans L, Murphy R. Predicting 3-day and 7-day outcomes of weaning from mechanical ventilation. *Chest*. 1999; 116:456-61.

Agency for Healthcare Research and Quality. Criteria for Weaning from Mechanical Ventilation (2000). Disponível em <http://www.ahrq.gov/clinic/epcsums/mechsumm.htm>. Acessado em 13/11/2003.

Ahrens T, Sona C. Capnography Application in Acute and Critical Care. *AACN Clinical Issues*. 2003; 14:123-32.

Anderson JT, Owings JT, Goodnight JE. Bedside Noninvasive Detection of Acute Pulmonary Embolism in Critically Ill Surgical Patients. *Arch Surg*. 1999, 134:869-75.

Anderson MR. Update on Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome. *Respir Care* 2003;48(3):261–276.

Arnold JH, Bower LK, Thompson JE: Respiratory deadspace measurements in neonates with congenital diaphragmatic hernia. *Crit Care Med*. 1995; 23:371-5.

Arnold JH, Thompson JE, Arnold LW: Single breath CO₂ analysis: Description and validation of a method. *Crit Care Med.* 1996; 24:96-102.

Arnold JH, Thompson JE, Benjamin PK: Respiratory deadspace measurements in neonates during extracorporeal membrane oxygenation. *Crit Care Med.* 1993; 21:1895-900.

Ashutosh K, Dev G, Steel D: Nonbronchodilator effects of pirbuterol and ipratropium in chronic obstructive pulmonary disease. *Chest.* 1995; 107:173-8.

Ashutosh K, Lee H, Mohan CK, Ranka S, Mehrotra K, Alexander C. Prediction criteria for successful weaning from respiratory support: statistical and connectionist analyses. *Crit Care Med.* 1992; 20:1295-301.

Ault ML, Stock MC. Respiratory Monitoring. *Int Anesthesiol Clin.* 2004, 42:97-112.

Ball JAS, Grounds RM. Calibration of three capnographs for use with helium and oxygen gas mixtures *Anaesthesia.* 2003, 58:156-60.

Baumeister BL, El-Khatib M, Smith PG, Blumer JL. Evaluation of predictors of weaning from mechanical ventilation in pediatric patients. *Pediatr Pulmonol.* 1997; 24:344-52.

Beckmann U, Gillies DM. Factors associated with reintubation in intensive care – An analysis of causes and outcomes. *Chest*. 2001; 120:538-42.

Bonmarchand G. Liberation from prolonged mechanical ventilation. The role of weaning centers. *Réanimation*. 2004; 13:5-7.

Brochard L, Rauss A, Benito S, Conti G, Mancebo J, Rekik N, Gasparetto A, Lemaire F. Comparison of three methods of gradual withdrawal from ventilatory support during weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*. 1994; 150:896-903.

Brook AD, Ahrens TS, Schaiff R, Prentice D, Sherman G, Shannon W, Kollef MH. Effect of a nursing-implemented sedation protocol on the duration of mechanical ventilation. *Crit Care Med*. 1999; 27:2609-15.

Cala K, Pilas V, Vucic N. Vd/Vt test in the detection of pulmonary dysfunction in sepsis. *Critical Care*. 2004, 8(Suppl 1):P20.

Callahan CW. Etiology of Chronic Cough in a Population of Children Referred to a Pediatric Pulmonologist. *J Am Board Fam Pract*. 1996;9:324-327.

Capdevila XJ, Perrigault PF, Perey PJ, Roustan JP, d'Athis F. Occlusion pressure and its ratio to maximum inspiratory pressure are useful predictors for successful extubation following T-piece weaning trial. *Chest*. 1995; 108:482-9.

Castle RA, Dunne CJ, Mok Q, Wade AM, Stocks J. Accuracy of displayed values of tidal volume in the pediatric intensive care unit. *Crit Care Med*. 2002; 30:2566-74.

Cattapan SE, Laghi F, Tobin MJ. Can diaphragmatic contractility be assessed by airway twitch pressure in mechanically ventilated patients? *Thorax*. 2003; 58:58-62.

Cheifetz IM. Invasive and noninvasive pediatric mechanical ventilation. *Respir Care*. 2003; 48:442-53.

Colice GL: *Historical perspective on the development of mechanical ventilation* In Tobin MJ: *Principles and practice of mechanical ventilation*, McGraw-Hill, New York, 1994; p. 1-35.

Coplin WM, Pierson DJ, Cooley KD, Newell DW, Rubenfeld GD. Implications of extubation delay in brain-injured patients meeting standard weaning criteria. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000; 161:1530-6.

Cordeiro, AMG. *Lesões de via aérea associadas à intubação traqueal em crianças: incidência, características endoscópicas e fatores de risco*. São Paulo, 2003. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Coss-Bu JÁ, Walding DL, Davia YB, Jefferson LS. Dead space ventilation in critically ill children with lung injury. *Chest*. 2003, 123:2050-6.

De Jonghe B, Bastuji-Garin S, Sharshar T, Outin H, Brochard L. Does ICU-acquired paresis lengthen weaning from mechanical ventilation? *Intensive Care Med*. (2004) (<http://dx.doi.org/10.1007/s00134-004-2174-z>). Site acessado em 22/03/2004.

Debruin, W.; Notterman, D.A.; Magid, M.; Godwin, T.; Johnston, S. Acute hypoxemic respiratory failure in infants and children: Clinical and Pathologic Characteristics. *Crit Care Med*. 1992; 20:1223-34.

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-F35.

Donn SM, Sinha SK. Invasive and noninvasive neonatal mechanical ventilation. *Respir Care*. 2003; 48:426-39.

Downes JJ, Raphaely RC. Pediatric Intensive Care. *Anesthesiology*. 1975; 43:238-50.

Edmunds S, Weiss I, Harrison R. Extubation failure in a large pediatric ICU population. *Chest*. 2001; 119:897-900.

El-Khatib MF, Baumeister B, Smith PG, Chatburn RL, Blumer JL. Inspiratory pressure/maximal inspiratory pressure: does it predict successful extubation in critically ill infants and children? *Intensive Care Med.* 1996; 22:264-8.

Elward AM, Warren DK, Fraser VJ. Ventilator-associated pneumonia in Pediatric Intensive Care Unit patients: Risk factors and outcomes. *Pediatrics.* 2002; 109:758-64.

Ely EW, Baker AM, Dunagan DP, Burke HL, Smith AC, Kelly PT, Johnson MM, Browder RW, Bowton DL, Haponik EF. Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *N Engl J Med.* 1996; 355:1864-9.

Epstein SK, Ciubotaru RL. Influence of gender and endotracheal tube size on preextubation breathing pattern *Am J Respir Crit Care Med.* 1996;154:1647-52.

Epstein SK. Controversies in weaning from mechanical ventilation. *J Intensive Care Med.* 2001; 16: 270-86.

Epstein SK. Decision to extubate. *Intensive Care Med.* 2002; 28:535-46.

Eriksson L, Wollmer P, Olsson CG, Albrechtsson U, Larusdottir H, Nilsson R, Sjögren A, Jonson B. Diagnosis of pulmonary embolism based upon alveolar dead space analysis. *Chest.* 1989; 96:357-62.

Esteban A, Frutos F, Tobin MJ, Alía I, Solsona JF, Valverdú I, Fernández R, de la Cal MA, Benito S, Tomás R. A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 1995; 332:345-50.

Faria LS, Troster, EJ, Baeninger R: *Ventilação Mecânica In* Stape A, Troster EJ, Kimura HM, Gilio AE, Bouso A, Britto JLBC : *Terapia Intensiva Pediátrica - Manual de Normas*, Sarvier, São Paulo, 1998; p.114-26.

Farias AMC, Guanaes A, Carvalho CRR, David CMN, Barreto SSM, Terzi RGG. II Consenso Brasileiro De Ventilação Mecânica. *J Pneumologia*. 2000; 25:S1-S68.

Farias JA, Alia I, Esteban A, Golubicki AN, Olazarri FA. Weaning from mechanical ventilation in pediatric intensive care patients. *Intensive Care Med*. 1998; 24:1070-5.

Farias JA, Alia I, Retta A, Olazarri F, Fernández A, Esteban A, Palacios K, Di Nunzio L, Fernández G, Bordón A, Berrondo C, Sheehan G. An evaluation of extubation failure predictors in mechanically ventilated infants and children. *Intensive Care Med*. 2002, 28:752-7.

Farias JA, Frutos F, Esteban A, Retta A, Casado Flores J, Baltodano A, Alia I, Hatzis T, Olazarri F, Petros A, Johnson M for the International Group of Mechanical Ventilation in Children - What is the daily practice of mechanical ventilation in pediatric intensive care units? *Intensive Care Med* (2004) (<http://dx.doi.org/10.1007/s00134-004-2225-5>). Site acessado em 22/03/2004.

Farias JA, Retta A, Alia I, Olazarri F, Esteban A, Golubicki A, Alliende A, Maliarchuk O, Peltzer C, Ratto MD, Zalazar R, Garea M, Moerno EG. A comparison of two methods to perform a breathing trial before extubation in pediatric intensive care patients. *Intensive Care Med*. 2001, 27:1649-54.

Ferrer M, Bernadich O, Alarcon A, Badia JR, Torres A. Noninvasive ventilation during weaning from mechanical ventilation. *Clin Pulm Med*. 2002; 9:279-83.

Ferrer M, Esquinas A, Arancibia F, Bauer TT, Gonzalez G, Carrillo A, Rodriguez-Roisin R, Torres A. Noninvasive ventilation during persistent weaning failure – A randomized controlled trial. *Am J Respir Crit Care Med*. 2003; 168:70-6.

Fletcher R: Relationship between alveolar deadspace and arterial oxygenation in children with congenital cardiac disease. *Br J Anaesth*. 1989; 62:168-76.

Fletcher RH, Fletcher SW, Wagner EH. *Diagnosis* In: Fletcher RH, Fletcher SW, Wagner EH, editors. *Clinical Epidemiology – The Essentials*. Baltimore: Williams & Wilkins; 1996. p. 43-74.

Formicola J, Libros H, Oberly D, Sinha E. Correlation between $\text{ETCO}_2/\text{PCO}_2$ and $\text{SPO}_2/\text{SaO}_2$: an evaluation of the Novamatrix CO_2 SMO PLUS respiratory profile monitor. (Abstract) *American Association of Respiratory Care*. (1999) (<http://www.cardinal.com/mps/focus/respiratory/abstracts/ab1999/A00000567.asp>). Site acessado em 29/03/2004.

Frutos-Vivar F, Esteban A. When to wean from a ventilator: an evidence-based strategy. *Cleve Clin J Med* 2003; 70:392-393.

Gandia F, Blanco J. Evaluation of indexes predicting the outcome of ventilator weaning and value of adding supplemental inspiratory load. *Intensive Care Med*. 1992; 18:327-33.

Gauvin F, Dassa C, Chaibou M, Proulx F, Farrell CA, Lacroix J. Ventilator-associated pneumonia in intubated children: Comparison of different diagnostic methods. *Pediatr Crit Care Med*. 2003; 4:437-43.

Gil B, Frutos-Vivar F, Esteban A. Deleterious effects of reintubation of mechanical ventilated patients. *Clin Pulm Med*. 2003; 10:226-30.

Goldstone J. The pulmonary physician in critical care – 10: Difficult weaning. *Thorax*. 2002; 57:986-91.

Gologorskii VA, Gelfand BR, Stamov VI, Lapshina II, Nistratov SL.

Cessation of prolonged artificial ventilation of the lungs and transition to spontaneous respiration of surgical patients. *Anesteziol Reanimatol*. 1997; (1):4-10.

Harrison M, Cox AC, Davis S, Piedmonte M, Drummond-Webb JJ, Mee RBB.

Failed extubation after cardiac surgery in young children: prevalence, pathogenesis, and risk factors. *Pediatr Crit Care Med*. 2002; 3:148-52.

Hébert PC, Wells G, Blajchman MA, Marshall J, Martin C; Pagliarello G;

Tweeddale M, Schweitzer I, Yetisir E, for The Transfusion Requirements in Critical Care Investigators for the Canadian Critical Care Trials Group. A multicenter, randomized, controlled clinical trial of transfusion requirements in critical care. *N Engl J Med*. 1999; 340:409-17.

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.

Hughes MR, Smith CD, Tecklenburg FW, Habib DM, Hulse TC, Ebeling M.

Effects of a weaning protocol on ventilated pediatric intensive care unit (PICU) patients. *Top Health Inform Manage*. 2001; 22:35-43.

Jaber S, Chanque G, Sebbane M, Eledjam JJ. Extubation failure. *Réanimation*. 2004; 13:46-53.

Jacob B, Chatila W, Manthous CA. The unassisted respiratory rate/tidal volume ratio accurately predicts weaning outcome in postoperative patients. *Crit Care Med*. 1997; 25:253-7.

Jeyakumar P, Puri VK. Weaning from mechanical ventilation in adult respiratory distress syndrome. *Indian J Anaesth*. 2003; 47:33-6.

Kapasi M, Fujino Y, Kirmse M, Catlin EA, Kacmarek RM. Effort and work of breathing in neonates during assisted patient-triggered ventilation. *Pediatr Crit Care Med*. 2001; 2:9-16.

Khan N, Brown A, Venkataraman ST. Predictors of extubation success and failure in mechanically ventilated infants and children. *Crit Care Med*. 1996; 24:1568-79.

Kharasch VS, Haley SM, Dumas HM, Ludlow LH, O'Brien JE. Oxygen and ventilator weaning during inpatient pediatric pulmonary rehabilitation. *Pediatr Pulmonol*. 2003; 35:280-7.

Kline JA, Israel EG, Michelson EA, O'Neil BJ, Plewa MC, Portelli DC.

Diagnostic Accuracy of a Bedside D-dimer Assay and Alveolar Dead-Space measurement for Rapid Exclusion of Pulmonary Embolism - A Multicenter Study. *JAMA*. 2001; 285:761-8.

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.

Knebel AR: Weaning from mechanical ventilation: Concept development *Am J Crit Care*. 1994; 3:416-20.

Koksai GM, Sayligan C, Sen O, Oz H. The effects of different weaning modes on the endocrine stress response. *Critical Care*. 2004; 8:R31-R34.

Kondili E, Prinianakis G, Georgopoulos D. How we wean a critically ill patient. European Society of Anaesthesiologists – Refresher course (2003) (<http://www.euroanesthesia.org/education/rc2003glasgow/12rc6.pdf>). Site acessado em 29/03/2004.

Kress JP, Pohlman AS, O'Connor MF, Hall JB. Daily interruption of sedative infusions in critically ill patients undergoing mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 2000; 342:1471-7.

Krieger BP, Isber J, Breitenbucher A, Throop G, Ershowsky P. Serial measurements of the rapid-shallow-breathing index as a predictor of weaning outcome in elderly medical patients. *Chest*. 1997; 112:1029-34.

Kurachek SC, Newth CJ, Quasney MW, Rice T, Sachdeva RC, Patel NR, Takano J, Easterling L, Scanlon M, Musa N, Brilli RJ, Wells D, Park GS, Penfil S, Bysani KG, Nares MA, Lowrie L, Billow M, Chiochetti E, Lindgren B. Extubation failure in pediatric intensive care: A multiple-center study of risk factors and outcomes. *Crit Care Med*. 2003; 31:2657-64.

Leclerc F, Wallet F. Ventilator-associated pneumonia in intubated and mechanically ventilated children: Challenges in diagnosis. *Pediatr Crit Care Med*. 2003; 4:492-4.

Lee CY, Su BH, Lin TW, Lin HC, Li TC, Wang NP. Risk factors of extubation failure in extremely low birth weight infants: a five year retrospective analysis. *Acta Paediatr Taiwan*. 2002, 43:319-25.

Leitch EA, Moran JL, Grealy B. Weaning and extubation in the intensive care unit: clinical or index-driven approach? *Intensive Care Med*. 1996; 22:752-9.

Lindahl SG, Olsson AK. Congenital heart malformations and ventilatory efficiency in children. Effects of lung perfusion during halothane anaesthesia and spontaneous breathing. *Br J Anaesth*. 1987; 59:410-8.

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.

Lyrene RK, Truog WE. Adult respiratory distress syndrome in a pediatric intensive care unit: Predisposing conditions, clinical course, and outcome. *Pediatrics*. 1981; 67:790-5.

MaCintyre NR, Cook D, Ely EW, Epstein SK, Fink JB, Heffner JE, Hess D, Hubmary RD, Scheinhorn DJ. Evidence Based Guidelines for weaning and discontinuing ventilatory support. A collective task force facilitated by the American College of Chest Physicians; the American Association for Respiratory Care; and the American College of Critical Care Medicine. *Chest*. 2001; 120:375S-395S.

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*. 2000a; 1:124-6.

Manczur TI, Greenough A, Pryor D, Rafferty GF. Comparison of predictors of extubation from mechanical ventilation in children. *Pediatr Crit Care Med*. 2000b; 1:28-32

Manthous CA, Goulding P. The effect of volume infusion on dead space in mechanically ventilated patients with severe asthma. *Chest*. 1997; 112:843-6.

McDonald MJ, Montgomery VL, Cerrito PB, Parrish CJ, Boland KA, Sullivan JE. Comparison of end-tidal CO₂ and PaCO₂ in children receiving mechanical ventilation *Pediatr Crit Care Med*. 2002; 3:244-9.

Meade M, Guyatt G, Cook D, Griffith L, Sinuff T, Kergl C, Mancebo J, Esteban A, Epstein S. Predicting success in weaning from mechanical ventilation. *Chest*. 2001; 120:400S-424S.

Meade MO, Ely EW. Protocols to improve the care of critically ill pediatric and adult patients. *JAMA*. 2002; 288:2601-3.

Mehta NM, Arnold JH. Mechanical ventilation in children with acute respiratory failure. *Curr Opin Crit Care*. 2004, 10:7-12.

Mergoni M, Costa A, Primavera S, Salvadori A, Sacconi A, Zucconi P. Assessment of various new predictive parameters of the outcome of mechanical ventilation weaning. *Minerva Anesthesiol*. 1996; 62:153-64.

Mohr AM, Rutherford EJ, Cairns BA, Boysen PG. The role of dead space ventilation in predicting outcome of successful weaning from mechanical ventilation. *J Trauma*. 2001; 51:843-8.

Mohsenifar Z, Hay A, Hay J, Lewis MI, Koerner SK. Gastric intramural pH as a predictor of success or failure in weaning patients from mechanical ventilation.

Ann Intern Med. 1993;119:794-8.

Morrison A, Gillis J, O'connell AJ, Schell D, Dossetor DR, Mellis C. Quality of life of survivors of pediatric intensive care. *Pediatr Crit Care Med.* 2002; 3:1-5.

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.

Namen AM, Ely EW, Tatter SB, Case LD, Lucia MA, Smith A, Landry S, Wilson JA, Glazier SS, Branch CL, Kelly DL, Bowton DL, Haponik EF. Predictors of successful extubation in neurosurgical patients. *Am J Respir Crit Care Med.* 2001, 163:658-64.

Nava S, Ceriana P. Causes of failure of noninvasive mechanical ventilation.

Respir Care 2004; 49:295-303.

Nevins ML, Epstein SK. Prolonged critical illness management of long term acute care : Weaning from prolonged mechanical ventilation. *Clin Chest Med.*

2001; 22:13-33.

Noizet O, Leclerc F, Riou Y, Sadik A. Weaning from mechanical ventilation in children (except neonates). *Réanimation*. 2004; 13:21-8.

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; 80:306-10.

Nuckton TJ, Alonso JA, Kallet RH, Daniel BM, Pittet JF, Eisner MD, Matthay MA. Pulmonary Dead-Space Fraction as a Risk Factor for Death in the Acute Respiratory Distress Syndrome. *New Engl J Med*. 2002, 346:1281-6.

Parker MM: Predicting success of extubation in children. *Crit Care Med*. 1996; 24:1429-30.

Pollack MM, Ruttimann UE, Getson PR. Pediatric Risk of Mortality (PRISM) Score *Crit Care Med*. 1988; 16:1110-6.

Randolph AG, Wypij D, Venkataraman ST, Hanson JH, Gedeit RG, Meert KL, Luckett PM, Forbes P, Lilley M, Thompson J, Cheifetz IM, Hibberd P, Wetzel R, Cox P, Arnold JH for the Pediatric Acute Lung Injury and Sepsis Investigators (PALISI) network. Effects of mechanical ventilator weaning protocols on respiratory outcomes in infants and children - A randomized controlled trial. *JAMA*. 2002; 288:2561-8.

Randolph AG. How are children mechanically ventilated in pediatric intensive care units? *Intensive Care Med.* (2004) (<http://dx.doi.org/10.1007/s00134-004-2215-7>). Site acessado em 22/03/2004.

Randolph AG. Weaning from Mechanical Ventilation. *New Horiz.* 1999; 7:374-85.

Rothaar RC, Epstein SK. Extubation failure: magnitude of the problem, impact on outcomes, and prevention. *Curr Opin Crit Care.* 2003; 9:59-66.

Rusconi F, Castagneto M, Gagliardi L, Leo G, Pellegatta A, Porta N, Razon S. Reference values for respiratory rate in the first 3 years of life. *Pediatrics.* 1994; 94:350-5.

Sahn SA, Lakshminarayan S. Bedside criteria for discontinuation of mechanical ventilation. *Chest.* 1973; 63:1002-5.

Sandberg K, Sjoqvist BA, Hjalmarson D, Olsson T. Efficiency of ventilation in neonatal pulmonary maladaptation. *Acta Paediatr.* 1987; 76:30-6.

Scheinhorn DJ, Chao DC, Stearn-Hassenpflug M. Liberation from prolonged mechanical ventilation. *Crit Care Clin.* 2002, 18:569-95.

Seneff MG, Zimmerman JE, Knaus WA, Wagner DP, Draper EA. Predicting the duration of mechanical ventilation. The importance of disease and patient characteristics. *Chest*. 1996; 110:468-79.

Sinha SK, Donn, SM. Weaning newborns from mechanical ventilation. *Semin Neonatol*. 2002, 7:421-8.

Slutsky AS. Lung Injury Caused by Mechanical Ventilation. *Chest*. 1999;116:9S-15S

Smith-Blair N. Mechanisms of diaphragm fatigue. *AACN Clinical issues*. 2002; 13:307-19.

Soltner C, Huztinger J, Beydon L. Monitorage du CO₂ expiré – Capnometry. *Réanimation*. 2004; 13:62-70.

Sonis J. How to Use and Interpret Interval Likelihood Ratios. *Fam Med*. 1999; 31:432-7.

Steinhorn DM, Green T. The treatment of acute respiratory failure in children: A historical examination of landmark advances. *J Pediatr*. 2001; 139:604-8.

Tahavanainen J, Salmenpera M, Nikki P. Extubation criteria after weaning from intermittent mandatory ventilation and continuous positive airway pressure. *Crit Care Med*. 1983;11:702-7.

Teague WG. Noninvasive ventilation in the Pediatric Intensive Care Unit for children with acute respiratory failure. *Pediatr Pulmonol*. 2003; 35:418-26.

Terzi RGG, Carvalho CRR: *Histórico da ventilação mecânica In* Carvalho CRR: *Ventilação mecânica Volume I – Básico*, Atheneu, São Paulo, 2000; p. 1-30.

Thiagarajan RR, Bratton SL, Martin LD, Brogan TV, Taylor D. Predictors of successful extubation in children. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999; 160:1562-6.

Timmons OD, Havens PL, Fackler JC. Predicting death in pediatric patients with acute respiratory failure. Pediatric Critical Care Study Group. Extracorporeal Life Support Organization. *Chest*. 1995; 108:789-97.

Vallverdu I, Calaf N, Subirana M, Net A, Benito S, Mancebo J. Clinical characteristics, respiratory functional parameters, and outcome of a two-hour T-piece trial in patients weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998; 158:1855-62.

Vassilakopoulos T, Petrof BJ. Ventilator-induced diaphragmatic dysfunction. *Am J Respir Crit Care Med* 2004; 169:336-341.

Venkataraman ST, Khan N, Brown A. Validation of predictors of extubation success and failure in mechanically ventilated infants and children. *Crit Care Med*. 2000; 28:2991-6.

Venkataraman ST. Weaning and extubation in infants and children: Religion, art, or science. (Editorial). *Pediatr Crit Care Med*. 2002; 3:203-5.

Yang KL, Tobin MJ. A prospective study of indexes predicting the outcome of trials of weaning from mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 1991; 324:1445-50.

Yang KL. Inspiratory pressure/maximal inspiratory pressure ratio: a predictive index of weaning outcome. *Intensive Care Med*. 1993; 19:204-8.

Zeggwagh AA, Abouqal R, Madani N, Zekraoui A, Kerkeb O. Weaning from mechanical ventilation: a model for extubation. *Intensive Care Med*. 1999; 25:1077-83.