

---

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL-PUCRS  
PRÓREITORIA DE PESQUISA E POS GRADUAÇÃO  
FACULDADE DE MEDICINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA/PEDIATRIA E  
SAÚDE DA CRIANÇA  
DOUTORADO EM PEDIATRIA

**CAPACIDADE PREDITIVA DE VARIÁVEIS  
DEMOGRÁFICAS, CLÍNICAS E TESTES  
VENTILATÓRIOS PARA DEFINIR FALHA OU SUCESSO  
DA EXTUBAÇÃO EM UMA POPULAÇÃO PEDIÁTRICA  
SUBMETIDA A VENTILAÇÃO PULMONAR MECÂNICA  
POR DIFERENTES ETIOLOGIAS**

Cíntia Johnston  
[cintiajohnston@terra.com.br](mailto:cintiajohnston@terra.com.br)

Tese de Doutorado apresentada à  
Faculdade de Medica da PUCRS para  
obtenção de título de doutor em  
Medicina/ Pediatria

Orientador: Prof. Dr. Jefferson P. Piva

Porto Alegre, abril de 2007

---

**DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)**

J72c Johnston, Cíntia

Capacidade preditiva de variáveis clínicas, demográficas e testes que avaliam a capacidade ventilatória para definir falha ou sucesso da extubação em uma população pediátrica submetida a ventilação pulmonar pediátrica submetida a ventilação pulmonar mecânica por diferentes etiologias / Cíntia Johnston; orient. Jefferson Pedro Piva. Porto Alegre: PUCRS; 2007.

158f.: gráf. Il. tab.

Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Faculdade de Medicina. Programa de Pós-Graduação em Medicina./ Pediatria e Saúde da Criança. Doutorado em Pediatria.

1. INTUBAÇÃO INTRATRAQUEAL. 2. DESMAME DO RESPIRADOR. 3. CRIANÇA. 4. UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA PEDIÁTRICA. 5. RESPIRAÇÃO. 6. RESPIRAÇÃO ARTIFICIAL. 7. FORÇA MUSCULAR. 8. VENTILAÇÃO PULMONAR. 9. VALOR PREDITIVO DOS TESTES. 10. ESTUDOS TRANSVERSAIS. 11. ESTUDOS PROSPECTIVOS. I. Piva, Jefferson Pedro. II. Título.

C.D.D. 615.836

C.D.U. 615.816-053.2(043.2)

N.L.M. WF 102

## AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. **Jefferson Pedro Piva**, por me ensinar a filosofia da síntese e do detalhe, pela oportunidade, confiança, amizade e dedicação.
  - Ao Prof. Dr. **Pedro Celiny Ramos Garcia**, pela amizade e confiança profissional em todos estes anos de trabalho.
  - Ao Prof. Dr. **Renato Fiori**, pelo ótimo convívio que tivemos nestes anos na unidade de terapia intensiva neonatal, nas pesquisas e na pós-graduação.
  - Ao Prof. Dr. **Werther Brunow de Carvalho**, pelas oportunidades, amizade, confiança, pelo amor e companheirismo dedicado nos meus momentos de estudo, de frustrações e de descobertas.
  - À Fisioterapeuta, **Patrícia Xavier Hommerding**, pela inestimável ajuda na avaliação dos pacientes, amizade, confiança de longa data e companheirismo profissional.
  - Aos **Residentes da Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica, do Hospital São Lucas, de 2004, 2005 e 2006** pela boa vontade e tranquilidade com que me ajudaram na execução deste estudo.
-

- Aos **Médicos, Fisioterapeutas, Enfermeiras e Técnicas de Enfermagem do Serviço de Terapia Intensiva Pediátrica** do Hospital São Lucas, pelo constante apoio e trabalho conjunto.
  - Ao **Prof. Dr. Mário Bernardes Wagner**, por ter me ensinado, a preciosa análise estatística, a qual me permite ser livre como pesquisadora e orientadora.
  - A **Diretora, Coordenadores, Professores e Acadêmicos do Curso de Fisioterapia da PUCRS**, pelo inestimável estímulo aos meus objetivos profissionais.
  - À secretária da Pós-Graduação em Pediatria e Saúde da Criança - PUCRS, **Carla Rothmann**, pela sua pronta cooperação, dedicação e amizade.
  - Aos **pacientes e seus familiares**, pela sua imprescindível colaboração e participação.
  - Ao **Prof. David Martin Johnston**, pela atenção cuidadosa, apoio e amor que dedicou a mim em todos estes anos.
  - Aos **meus familiares**, pela tolerância com que suportaram os momentos difíceis e as minhas longas ausências. Obrigada pelo amor e pela atenção constante!
-

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b>	<b>xv</b>
<b>RESUMO</b>	<b>xviii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xx</b>

## CAPÍTULO I

<b>1 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Estratégias de Desmame e de Retirada da Ventilação Pulmonar Mecânica em Pediatria</b>	<b>2</b>
<b>2 JUSTIFICATIVA</b>	<b>55</b>
<b>3 OBJETIVOS</b>	<b>76</b>
<b>3.1 Objetivo Geral</b>	<b>76</b>
<b>3.2 Objetivos Específicos</b>	<b>76</b>

## CAPÍTULO II

<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>79</b>
<b>4.1 Delineamento do estudo</b>	<b>79</b>

---

---

<b>4.2 Local onde foi executado o estudo</b>	<b>80</b>
<b>4.3 Pacientes</b>	<b>81</b>
<b>4.3.1 Critérios de exclusão</b>	<b>81</b>
<b>4.3.2 Equipamentos utilizados durante o estudo</b>	<b>82</b>
<b>4.3.3 Protocolo de Desmame e Extubação</b>	<b>83</b>
<b>4.4 Aferições</b>	<b>84</b>
<b>4.4.1 Características gerais</b>	<b>84</b>
<b>4.4.2 Parâmetros da Ventilação Pulmonar Mecânica,     Sinus Vitais e Gasometria Arterial</b>	<b>85</b>
<b>4.4.3 Mensuração do IRS</b>	<b>86</b>
<b>4.4.4 Mensuração da Força dos Músculos     Ventilatórios e da Relação Carga/Força</b>	<b>87</b>
<b>4.4.5 Desfecho principal</b>	<b>89</b>
<b>4.5 ANALISE ESTATÍSTICA</b>	<b>89</b>
<b>4.5.1 Cálculo da Amostra</b>	<b>89</b>
<b>4.5.2 Análise dos dados</b>	<b>90</b>
<b>4.5.2.1 Variáveis</b>	<b>91</b>
<b>4.5.2.2 Testes Estatísticos</b>	<b>91</b>
<b>4.6 ASPÉCTOS ÉTICOS</b>	<b>94</b>
<b>4.7 REFERÊNCIAS</b>	<b>96</b>

---

**CAPÍTULO III**

<b>ARTIGO ORIGINAL I</b>	<b>101</b>
<b>ARTIGO ORIGINAL II</b>	<b>117</b>

**CAPÍTULO IV**

<b>CONCLUSÕES</b>	<b>133</b>
-------------------	------------

**CAPÍTULO V**

<b>OUTROS RESULTADOS</b>	<b>137</b>
--------------------------	------------

**ANEXOS**

<b>Anexo 1- Escore de Glasgow adaptado para Pediatria</b>	<b>156</b>
<b>Anexo 2- Escala de Sedação de Ramsay</b>	<b>157</b>
<b>Anexo 3- Equações para a predição da PiMáx e PeMáx</b>	<b>158</b>

---

## APÊNDICES

<b>Apêndice 1- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido</b>	<b>ii</b>
<b>Apêndice 2- Cronograma do Estudo</b>	<b>iii</b>
<b>Apêndice 3- Protocolo do Estudo</b>	<b>iv</b>

---

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

<b>Figura 1</b>	Balanço carga/força.	<b>10</b>
<b>Figura 2</b>	Balanço entre o fornecimento e as necessidades de energia.	<b>11</b>
<b>Figura 3</b>	O sistema das duas balanças representando os vários determinantes de carga, competência, fornecimento e necessidade de energia.	<b>12</b>
<b>Figura 4</b>	Manovacuômetro analógico WIKA®.	<b>27</b>
<b>Figura 5</b>	Manovacuômetro Digital MVD 300	<b>27</b>
<b>Figura 6</b>	Manovacuômetro Digital MVD 500.	<b>27</b>
<b>Figura 7</b>	Curva Logarítmica da concentração x efeito das drogas.	<b>37</b>

### CAPÍTULO II

<b>Figura 1</b>	Manovacuômetro analógico WIKA®	<b>82</b>
<b>Figura 2</b>	Ventilômetro analógico Chamedá®	<b>83</b>
<b>Figura 3</b>	Criança sendo submetida à ventilometria.	<b>86</b>

---

## CAPÍTULO V

- Figura 1** Percentual de risco para a falha da extubação (N= 192) **151**  
de acordo com o número de fatores de risco presentes.
- Figura 2** Percentual para risco de falha da extubação das **152**  
crianças com diagnóstico de bronquiolite aguda, de  
acordo com o número de fatores de risco presentes.
- Figura 3** Percentual para risco de falha da extubação das **153**  
crianças com diagnóstico pós-operatório cardíaco, de  
acordo com o número de fatores de risco presentes.
- Figura 4** Percentual de risco de falha da extubação das crianças **154**  
com diagnóstico de doenças neurológicas, de acordo  
com o número de fatores de risco presentes.
-

---

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

<b>Tabela 1</b>	Fatores que aumentam a carga resistiva e elástica	<b>13</b>
<b>Tabela 2</b>	Fatores que diminuem a competência neuromuscular	<b>13</b>
<b>Tabela 3</b>	Estudos analisando Protocolos de Desmame em Pediatria	<b>14</b>
<b>Tabela 4</b>	Crítérios para a viabilidade da Extubação em Pediatria	<b>15</b>
<b>Tabela 5</b>	Medidas Objetivas e Avaliação Clínica Subjetiva que devem ser analisadas durante o Teste de Ventilação Espontânea	<b>16</b>
<b>Tabela 6</b>	Parâmetros clínicos e funcionais para interromper o teste de ventilação espontânea	<b>17</b>
<b>Tabela 7</b>	Fatores a serem considerados antes da extubação	<b>20</b>
<b>Tabela 8</b>	Parâmetros utilizados freqüentemente para auxiliar na decisão de extubação da VPM em pediatria	<b>23</b>
<b>Tabela 9</b>	Parâmetros que avaliam a capacidade de proteção das vias aéreas	<b>24</b>
<b>Tabela 10</b>	PiMáx- Pico de Pressão Inspiratória Máxima	<b>26</b>
<b>Tabela 11</b>	Equações para a predição da PiMáx e PeMáx	<b>26</b>
<b>Tabela 12</b>	IRS - Índice de Respiração Rápida Superficial em Pediatria	<b>30</b>
<b>Tabela 13</b>	Escore de Finnegan	<b>38</b>

---

<b>Tabela 14</b>	Causas mais freqüentes de falha no desmame da ventilação pulmonar mecânica (VPM)	<b>42</b>
------------------	--	-----------

### **CAPÍTULO III**

#### **Artigo Original I**

<b>Tabela 1</b>	Characteristics of children with acute viral bronchiolitis submitted to mechanical ventilation previousiy to the extubation	<b>113</b>
<b>Tabela 2</b>	Characteristics of children with acute viral bronchiolitis submitted to mechanical ventilation related to the extubation failure/success	<b>114</b>
<b>Tabela 3</b>	The respiratory and Mechanical ventilation parameter's one hour before extubation in children with acute viral bronchiolits	<b>115</b>
<b>Tabela 4</b>	Arterial blood gas, IRS, PeMax, load/force balance, MAP and OI characteristics before extubation.	<b>116</b>

---

## Artigo Original II

<b>Tabela 1</b>	Características dos pacientes após cirurgia cardíaca submetidos a ventilação pulmonar mecânica (VPM) e extubados.	<b>122</b>
<b>Tabela 2</b>	Características clínicas das crianças no pós-operatório de cirurgia cardíaca, mantidas em ventilação pulmonar mecânica (VPM). Comparação entre aquelas que evoluíram com na falha e aquelas que evoluíram com sucesso da extubação.	<b>123</b>
<b>Tabela 3</b>	Parâmetros da Ventilação Pulmonar Mecânica (VPM) no pós-operatório cardíaco, avaliados uma hora antes da extubação.	<b>124</b>
<b>Tabela 4</b>	Características da gasometria arterial, PiMáx, PeMáx, IRS, relação carga/força, MAP e IO antes da extubação.	<b>125</b>

## CAPÍTULO V

<b>Tabela 1</b>	Freqüência e percentual de diagnóstico clínico principal, procedimento cirúrgico, óbitos após a extubação e motivo do uso de ventilação pulmonar mecânica da amostra geral de 274 crianças.	<b>144</b>
-----------------	---	------------

---

---

<b>Tabela 2</b>	Freqüência e percentual do modo ventilatório utilizado na ventilação pulmonar mecânica, tipo de raio-x de tórax uma hora antes da extubação, prematuridade e motivo da falha da extubação da amostra geral de 274 crianças.	<b>145</b>
<b>Tabela 3</b>	Doenças associadas da amostra geral (N= 274)	<b>146</b>
<b>Tabela 4</b>	Variáveis demográficas, parâmetros da ventilação pulmonar mecânica e gases sanguíneos uma hora antes da extubação, índice ventilatórios imediatamente antes da extubação e sinais vitais após uma hora da extubação da amostra.	<b>147</b>
<b>Tabela 5</b>	Comparação das variáveis demográficas, parâmetros da ventilação pulmonar mecânica e gases sanguíneos uma hora antes da extubação, índice ventilatórios imediatamente antes da extubação e sinais vitais após uma hora da extubação entre os grupos falha e sucesso da extubação.	<b>148</b>
<b>Tabela 6</b>	Comparação das variáveis avaliadas entre falha e sucesso da extubação, entre os grupos de diagnóstico clínico bronquiolite aguda, pós-operatório cardíaco e doenças neurológicas	<b>149</b>
<b>Tabela 7</b>	Fatores de risco e seus pontos de corte para falha da extubação.	<b>150</b>

---

---

## LISTA DE ABREVIATURAS

<i>ATC</i>	<i>automatic tube compensation</i>
BA	bronquiolite aguda
BCP	broncopneumonia
<i>BE</i>	<i>base excess</i>
BIPAP	ventilação com pressão positiva intermitente bifásica
BO	bronquiolite obliterante
C <sub>din</sub>	complacência dinâmica
CEP	Comitê de Ética e Pesquisa
CIA	comunicação interatrial
CIV	comunicação interventricular
CPAP	ventilação com pressão positiva contínua nas vias aéreas
Com	ciclos por minuto
CROP	índice ventilatório
DBP	displasia broncopulmonar
DN	doença neurológica
D <sub>p</sub>	desvio padrão da média
DSAV	drenagem anômala de veias pulmonares
ETG	eficiência das trocas gasosas
FC	frequência cardíaca
FiO <sub>2</sub>	fração inspirada de oxigênio
FR	frequência respiratória
GF	grupo falha da extubação
GS	grupo sucesso da extubação
HCO <sub>3</sub>	bicarbonato
HSL	Hospital São Lucas
IC	insuficiência cardíaca
IMV	ventilação mandatória intermitente
IO	índice de oxigenação

---

---

IPT	índice pressão-tempo
IPTM	índice pressão-tempo modificado
IQ	intervalo interquartil
IRA	insuficiência respiratória aguda
IRS	índice de respiração rápida superficial
ISD	índice simplificado de desmame
ITT	índice tensão-tempo
ITT <sub>1</sub>	índice tensão-tempo 1
ITT <sub>2</sub>	índice tensão-tempo 2
IV	intravenoso
MAP	pressão média nas vias aéreas
N	número
<i>P</i>	significância estatística
P <sub>01</sub> ou P <sub>100</sub>	pressão de oclusão
PaCO <sub>2</sub>	pressão parcial de gás carbônico
PaO <sub>2</sub>	pressão parcial de oxigênio
PAO <sub>2</sub>	pressão alveolar de oxigênio
<i>PAV</i>	<i>proportional assist ventilation</i>
PCA	canal arterial persistente
Pe	pressão esofágica
PEEP	pressão expiratória final positiva
PeMáx	força dos músculos expiratórios
PgCO <sub>2</sub>	pressão gástrica de gás carbônico
PI	pressão inspiratória
PiMáx	força dos músculos inspiratórios
POC	pós-operatório cardíaco
PPT	produto pressão-tempo
PRISM	escore de risco de mortalidade em pediatria
PSV	ventilação com pressão de suporte
PUCRS	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
RCF	relação carga/força

---

RGE	refluxo gastroesofágico
ROC	<i>receive operating curve</i>
RSBI	<i>respiratory shallow breathing index</i>
SaO <sub>2</sub>	saturação arterial de oxigênio
SBT	<i>spontaneous breathing trial</i>
SDRA	síndrome do desconforto respiratório agudo
SIMV	ventilação mandatória intermitente sincronizada
TCE	traumatismo cranioencefálico
TCI	Termo de Consentimento Informado
TCV	tempo do ciclo ventilatório
Te	tempo expiratório
Ti	tempo inspiratório
TER	teste de respiração espontânea
TT	tensão-tempo
TT <sub>1</sub>	tensão-tempo 1
TT <sub>2</sub>	tensão-tempo 2
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
UTIP	Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica
VC	volume corrente
V <sub>E</sub>	volume minuto expiratório
VNIPP	ventilação mecânica não invasiva com pressão positiva
VO	via oral
VPM	ventilação pulmonar mecânica
WOB	trabalho ventilatório

---

## RESUMO

**OBJETIVOS:** Avaliar as características demográficas, parâmetros da ventilação pulmonar mecânica (VPM), gases sanguíneos e índices ventilatórios como fatores de risco para falha da extubação em crianças com diferentes diagnósticos clínicos submetidas à VPM.

**MÉTODOS:** Estudo observacional (março/2004 a março/2006), em um hospital universitário, com 274 crianças extubadas. Índices ventilatórios: índice de respiração rápida superficial [IRS= (FR/VC)/peso]; força dos músculos ventilatórios (PiMáx e PeMáx); relação carga/força [RCF=  $15 \times (\text{MAP} \times 3) / \text{PiMáx} + 0.03 \times \text{IRS} - 5$ ]. Para comparação entre grupos sucesso e falha da extubação a amostra foi dividida por diagnóstico clínico [bronquiolite aguda (BA), doença neurológica (DN) e pós-operatório cardíaco (POC)]. *Análise estatística:* variáveis não paramétricas, qui-quadrado de *Pearson*; paramétricas, teste *t* de *Student* para duas amostras independentes; índices ventilatórios, *Kruskal-Wallis* para amostras não pareadas; comparação entre os grupos por diagnóstico clínico e índice de fatores de risco, análise multivariada. Programa SPSS versão 11.0 (SPSS Inc, Chicago, Illinois, USA). Comitê de Ética da PUCRS (CEP 271/04) e consentimento informado.

**RESULTADOS:** diagnóstico clínico: 90 (33%) BA, 43 (16%) DN e 59 (22%) POC, 82 (29%) outros diagnósticos. Após a extubação mediana<sub>(IQ 25%-75%)</sub>: idade 12(4-60)meses, peso 8.5(5.4-17)Kg. Ocorrem 8 (3%) óbitos; Risco de falha da extubação e IC 95%: [1.1 (0.28-4.17); *P*= 0.92] POC e [2.0 (0.50-8.0); *P*= 0.35]

---

DN.No grupo BA não foi possível realizar esta análise devido o tamanho da amostra. Fatores de risco para falha da extubação: tempo de VPM (dias)  $\geq 7$  dias [3.8 (1.25-11.8);  $P= 0.020$ ], IO  $\geq 3$  [2.6 (1.0-6.7);  $P= 0.04$ ],  $V_E \leq 1.5$  ml/Kg/min [2.6 (1.0-7.0);  $P= 0.05$ ], PiMáx  $\geq -50\text{cmH}_2\text{O}$  [5.4 (1.85-16);  $P= 0.002$ ] e RFC  $\geq 4.5$  [2.5 (0.60-10);  $P= 0.02$ ]. Percentual de risco com mais de 6 fatores: BA [35%]; POC [60%]; DN [100%].

**CONCLUSÕES:** Existem diferenças entre as variáveis [tempo de VPM  $\geq 7$  dias, IO  $\geq 3$ ,  $V_E \leq 1.5$  ml/Kg/min, PiMáx  $\geq -50\text{cmH}_2\text{O}$ , RFC  $\geq 4.5$ ] e seus pontos de corte por diagnóstico clínico. As crianças com seis ou mais fatores de risco apresentaram entre 35% e 100% chance de falha da extubação.

**Palavras-chave:** extubação, pediatria, índices ventilatórios, ventilação mecânica.

---

## ABSTRACT

**OBJECTIVES:** To evaluate the demographic characteristics, ventilation parameters (VP), blood gases and ventilatory indexes as risk factors of extubation failure in children with different diagnosis submitted to mechanical ventilation (MV).

**METHODS:** This is an observational study (March/2004 to March/2006), run in an university hospital, with 274 consecutive extubated children. Ventilatory indexes used: rapid shallow breathing index [RSBI= (RR/VT)/weight]; ventilatory muscle force (MIP and MEP); load/force balance [LFB=  $15 \times (\text{MAP} \times 3) / \text{MIP} + 0.03 \times \text{RSBI} - 5$ ]. To make comparisons the sample was divided according to major clinical diagnosis [acute bronchiolitis (AB), neurological disease (ND) and cardiac surgery postoperative (CSPO)] and each of these diagnostic groups were divided in successful extubation and extubation failure groups. *Statistical analysis:* to analyze non parametric variables and parametrical variables, *Pearson's* chi-squared and *Student t* test were respectively used; for ventilatory indexes *Kruskal-Wallis* for non pareated samples was used; a multiple variate analysis was performed to compare diagnosis groups, and to create a risk factor index. SPSS software version 11.0 (SPSS Inc,Chicago,Illinois,USA) was used. The PUCRS Ethical Committee (CEP 271/04) approved the study and informed consent.

**RESULTS:** Clinical diagnosis: 90 (33%) AB, 43 (16%) ND e 59 (22%) CSPO, 82 (29%) other diagnosis. After extubation median (IQ 25%-75%): age 12 (4-60)

---

months, weight 8.5 (5.4-17) Kg. There were 8 (3%) deaths. Risk of extubation failure among the diagnosis [odds (CI 95%)]: for CSPO 1.1 (0.28-4.17);  $P= 0.92$  and for ND 2.0 (0.50-8.0);  $P= 0.35$ . For AB it was not possible to run the analysis due to the sample size. Risk factors to extubation failure (whole sample): MV time  $\geq 7$  days [3.8 (1.25-11.8);  $P= 0.020$ ], OI  $\geq 3$  [2.6 (1.0-6.7);  $P= 0.04$ ],  $V_E \leq 1.5$  ml/Kg/min [2.6 (1.0-7.0);  $P= 0.05$ ], MIP  $\geq -50$ cmH<sub>2</sub>O [5.4 (1.85-16);  $P= 0.002$ ] and LFB  $\geq 4.5$  [2.5 (0.60-10);  $P= 0.02$ ]. Percentual risk with more than six factors: AB [35%]; CSPO [60%]; ND [100%].

**CONCLUSIONS:** There are differences between the variables [MV time  $\geq 7$  days, OI  $\geq 3$ ,  $V_E \leq 1.5$  ml/Kg/min, MIP  $\geq -50$ cmH<sub>2</sub>O, RFC  $\geq 4.5$ ] and the cutoff points by clinical diagnosis. The children with six or more risk factors have from 35% to 100% probability of extubation failure.

**Key words:** extubation, pediatrics, ventilatory indexes, mechanical ventilation

---

---

# CAPÍTULO I

---

## 1 REFERENCIAL TEÓRICO

**Artigos de Revisão: -**

### **1.1 Estratégias de Desmame e de Retirada da Ventilação Pulmonar**

#### **Mecânica em Pediatria**

Cíntia Johnston

Werther Brunow de Carvalho

Jefferson Pedro Piva

Esta revisão será publicada em um livro com a referência:

Johnston C, Carvalho WB, Piva JP. Estratégia de Desmame e de Retirada da Ventilação Pulmonar Mecânica: In: Carvalho WB, Myoshi M. Fisioterapia Pediátrica e Neonatal. 1ªed. Editora Artmed: Porto Alegre, 2007. [impress].

OBS: As referências estão em ordem alfabética, conforme normas do livro no qual será publicado.

---

## INTRODUÇÃO

A ventilação pulmonar mecânica (VPM) é uma intervenção utilizada, habitualmente, para crianças criticamente enfermas em unidades de terapia intensiva pediátricas (UTIP) e neonatais. O momento ideal para a descontinuação da VPM é freqüentemente baseada em parâmetros clínicos e laboratoriais, disponíveis no momento da decisão pelo desmame e/ou pela extubação.<sup>50</sup> Estas medidas geralmente indicam a habilidade da criança para manter a ventilação espontânea com uma adequada troca gasosa.

O desmame ou a descontinuação da VPM é a cessação definitiva deste suporte ventilatório, é difere da extubação, a qual refere-se a remoção do tubo intratraqueal (via aérea artificial).<sup>47</sup> Determinar o momento ótimo para descontinuar a VPM e para a extubação não deve ser simplesmente baseado na impressão clínica, pois a decisão em submeter o paciente a estes dois procedimentos depende de múltiplos fatores, tais como:<sup>19,51</sup>

- Condução neuromuscular (alterada pela sedação);
  - Força dos músculos ventilatórios (pode estar alterada pela VPM prolongada);
  - Resistência (*endurance*) dos músculos ventilatórios;
  - Alterações ventilatórias (hipertermia, oferta excessiva de hidrato de carbono, aumento do espaço morto fisiológico);
-

- Alterações da mecânica ventilatória (depende do recuo elástico toracopulmonar e da resistência ventilatória).

A falha do desmame da VPM pode ser atribuída ao desequilíbrio entre a carga submetida aos músculos ventilatórios e a sua competência muscular para suportar esta carga ou, a um fornecimento de energia inadequado para preencher as demandas energéticas destes músculos.

A complexidade da decisão para a extubação fornece uma forte racionalização para o desenvolvimento de preditores acurados para avaliar o sucesso e a falha deste procedimento. As taxas de falha de extubação são baseadas em critérios clínicos e variam entre 17% e 19% em pacientes adultos,<sup>62</sup> entre 22% e 28% em crianças prematuras<sup>3</sup> e entre 16% e 20% em pediatria.<sup>5,44</sup> A extubação precoce coloca o paciente em risco de um procedimento de reintubação de emergência. Entretanto, o prolongamento desnecessário da VPM aumenta o risco de trauma da via aérea, infecção nosocomial, desconforto e aumento dos custos hospitalares.<sup>18</sup>

Vários índices que mensuram a oxigenação, a força muscular inspiratória ( $P_{iMáx}$ ) e expiratória ( $P_{eMáx}$ ), a função pulmonar, a ventilação minuto ( $V_E$ ) e a reserva ventilatória, tem sido propostos como preditores úteis para a evolução do desmame, e como preditores do sucesso ou de falha da extubação em pediatria.<sup>27,51</sup> Alguns dos índices freqüentemente utilizados em UTIP incluem a relação do volume corrente (VC) para a freqüência respiratória (FR) ajustada pelo peso [índice de respiração rápida superficial (IRS)],<sup>51</sup> a complacência

pulmonar, a oxigenação, o índice de pressão (índice CROP) e o teste de respiração espontânea (*spontaneous breathing trial-SBT*).<sup>18,25</sup> Entretanto, critérios objetivos de predição do sucesso ou falha da extubação, em pediatria, ainda não foram estabelecidos. Estes preditores parecem não ser suficientemente sensíveis ou específicos em prever o sucesso ou a falha da extubação em pediatria e neonatologia.<sup>51</sup> Porém, estudos com pacientes adultos<sup>63,64</sup> e pediátricos<sup>38</sup> têm utilizado índices integrados, incluindo a condução (*drive*) ventilatória, a carga respiratória, a força da musculatura ventilatória e a qualidade da troca gasosa.

## **NOMENCLATURA E DEFINIÇÕES**

### **Desmame**

O termo desmame refere-se ao processo de transição da ventilação artificial para a espontânea nos pacientes que permanecem em VPM invasiva por tempo superior à 24 horas.<sup>7</sup>

---

## **Interrupção da VPM**

O termo interrupção da VPM refere-se a interrupção do suporte ventilatório dos pacientes que toleraram um teste de respiração espontânea, e que podem ou não ser elegíveis para extubação.<sup>18</sup>

## **Teste de respiração espontânea**

O teste de respiração espontânea (método de interrupção da VPM) é a técnica mais simples, estando entre as mais eficazes, para o desmame da VPM e para um teste da capacidade de ventilar espontaneamente pré-extubação. Consiste em permitir que o paciente ventile espontaneamente através do tubo intratraqueal, conectado a uma peça em formato de “T”, com uma fonte enriquecida de oxigênio, ou recebendo pressão positiva contínua em vias aéreas (CPAP) de 5cmH<sub>2</sub>O, ou com ventilação com pressão de suporte (PSV) de 7cmH<sub>2</sub>O. Entretanto, é indicado para crianças acima dos quatro anos de idade e para adultos.<sup>22,35</sup>

---

## **Extubação e decanulação**

A extubação é a retirada da via aérea artificial. No caso de pacientes traqueostomizados, utiliza-se o termo decanulação.<sup>10</sup>

A necessidade de reinstaurar a via aérea artificial é denominada de reintubação ou falha/insucesso da extubação. A reintubação é considerada precoce quando ocorre em menos de 48 horas após a extubação ou decanulação.<sup>24</sup>

## **Sucesso ou Falha do Desmame**

É definido como sucesso do desmame a manutenção da ventilação espontânea durante pelo menos 48 horas após a interrupção da ventilação artificial. Considera-se falha ou fracasso do desmame, se o retorno à ventilação artificial for necessário neste período.<sup>24</sup>

## **Sucesso ou Falha da Interrupção da VPM**

Define-se como sucesso da interrupção da VPM quando o paciente apresentar um teste de respiração espontânea bem sucedido. Os pacientes que

---

obtiverem sucesso no teste de ventilação espontânea devem ser avaliados quanto à indicação de retirada da via aérea artificial (extubação).<sup>52</sup>

Quando o paciente não tolera o teste de respiração espontânea, considera-se falha na interrupção da VPM. Nestes casos, o paciente deverá receber suporte ventilatório que promova repouso da musculatura ventilatória. A análise das possíveis causas dessa falha deverá ser efetuada pela equipe multiprofissional (intensivistas, fisioterapeutas, enfermeiras), bem como o planejamento da estratégia a ser adotada a seguir para uma nova tentativa de interrupção da VPM ou de desmame gradual.

### **VPM por Tempo Prolongado**

Considera-se uma VPM prolongada a dependência do paciente da assistência ventilatória, invasiva ou não invasiva, por mais de seis horas por dia por tempo superior a três semanas. Apesar de ter sido submetido à programas de fisioterapia respiratória, correção dos distúrbios funcionais e da utilização de novas técnicas de suporte ventilatório.<sup>10</sup>

### **DESMAME DA VPM**

Para se considerar o início do processo de desmame da VPM é necessário que a doença que ocasionou ou contribuiu para a descompensação

---

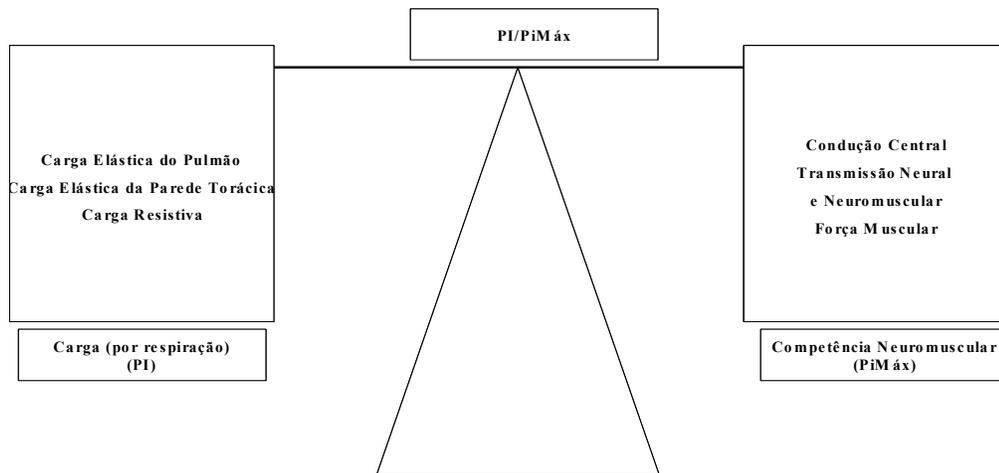
ventilatória encontre-se em resolução, ou resolvida. O paciente deve estar com estabilidade hemodinâmica, expressa por boa perfusão tecidual, independência de vasopressores (doses baixas e estáveis são toleráveis) e ausência de insuficiência coronariana descompensada ou arritmias com repercussão hemodinâmica. Além disto, deverá ter adequada troca gasosa [pressão parcial de oxigênio ( $\text{PaO}_2 \geq 60\text{mmHg}$ ) com uma fração inspirada de oxigênio ( $\text{FiO}_2 \leq 0,40\%$ ) e uma pressão positiva expiratória ( $\text{PEEP} \leq 5$  a  $8 \text{ cmH}_2\text{O}$ )] e ser capaz de iniciar os esforços inspiratórios.<sup>47</sup>

Se o teste de respiração espontânea for bem sucedido, outros fatores deverão ser considerados antes da extubação, tais como o nível de consciência (Anexo 1- Escore de Glasgow)<sup>10,53</sup> e de sedação (Anexo 2- Escala de sedação Ramsay),<sup>54</sup> o grau de colaboração do paciente e a sua capacidade para eliminar secreções das vias aéreas, entre outros fatores que serão discutidos a seguir.

Para manter a respiração espontânea os músculos inspiratórios devem gerar uma força suficiente para sobrepor a elastância dos pulmões e da parede torácica (carga elástica dos pulmões e da parede torácica), bem como a resistência das vias aéreas e tecidual (carga resistiva). Isto requer um funcionamento adequado da musculatura ventilatória principal, a integridade anatômica e funcional do sistema nervoso central e periférico, uma transmissão neuromuscular inalterada, uma parede torácica intacta e uma força muscular adequada. Isso pode ser representado, esquematicamente, considerando-se a

---

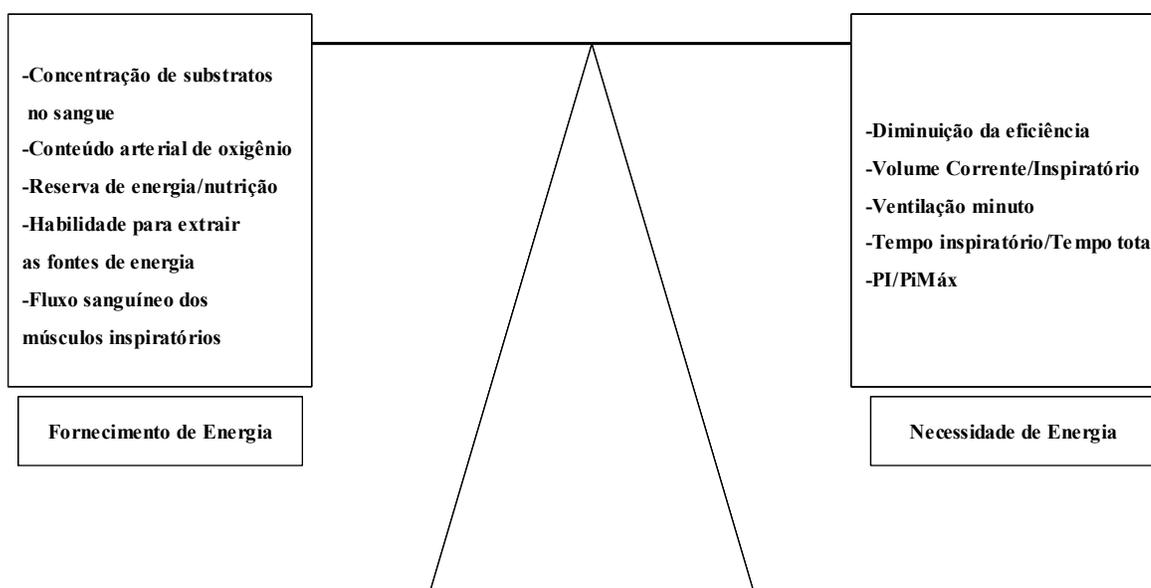
habilidade de se ter uma respiração como um balanço entre a carga inspiratória e a competência neuromuscular (Figura 1).



**Figura 1-** Balanço carga/força. A habilidade de se ter uma respiração espontânea é determinada pelo balanço entre a carga imposta ao sistema ventilatório [pressão desenvolvida aos músculos inspiratórios (PI)] e a competência neuromuscular da bomba ventilatória [força dos músculos inspiratórios (PiMáx)].

Normalmente, este balanço é polarizado em favor da competência neuromuscular, isto é, existe uma reserva que permite um aumento considerável da carga ofertada aos músculos ventilatórios.<sup>57</sup> Entretanto, se a competência é reduzida abaixo de um ponto crítico (exemplo: miastenia grave, intoxicação por drogas) o balanço poderá pesar a favor da carga, determinando que a bomba ventilatória não tenha condições de insuflar o pulmão e de expandir a parede torácica.<sup>62</sup> A habilidade da musculatura ventilatória para

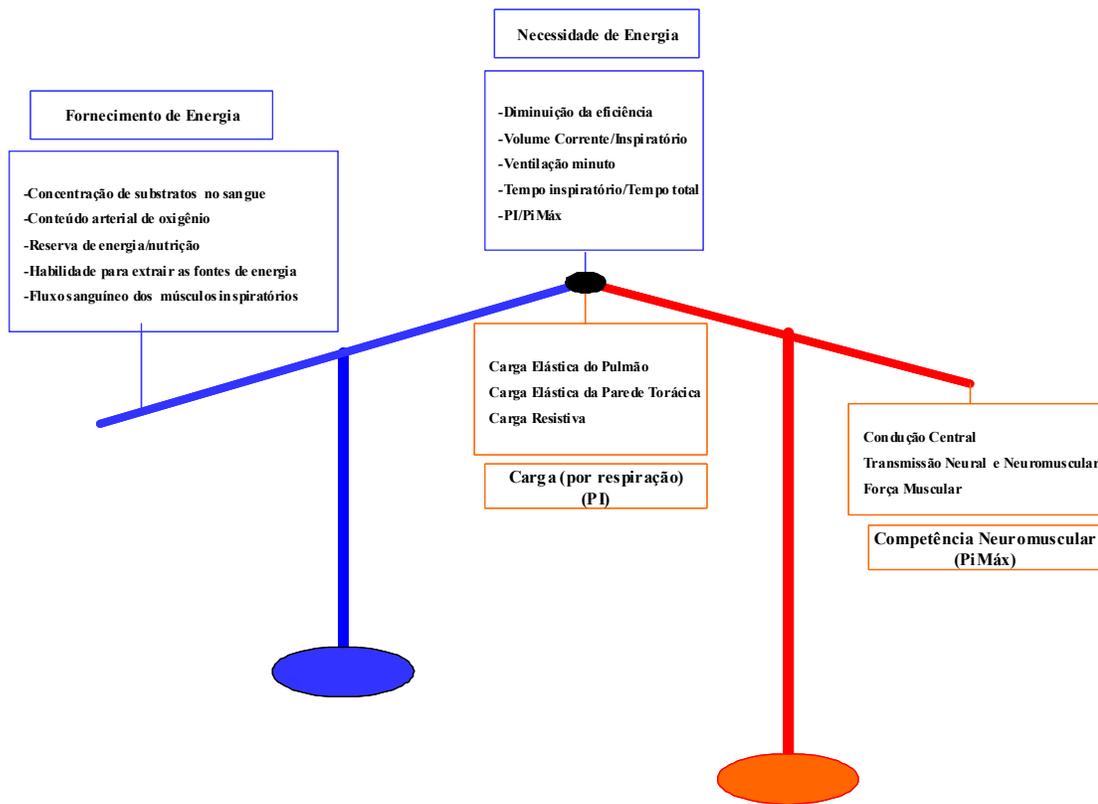
sustentar esta carga sem a aparência de fadiga, é chamada de resistência muscular (*endurance*) e, é determinada pelo balanço entre o fornecimento e as demandas de energia (Figura 2). Em condições normais, o fornecimento de energia é adequado para preencher as necessidades do organismo, existindo uma grande reserva.



**Figura 2-** Balanço entre o fornecimento e as necessidades de energia. A resistência dos músculos ventilatórios é determinada pelo balanço entre o fornecimento e as necessidades de energia.

As duas “balanças”, entre a carga e a competência e, o fornecimento e a demanda de energia estão em essência interligadas, criando um sistema (Figura 3). Esquemáticamente, quando o ponto central deste sistema move-se para cima, ou quando é colocado no nível horizontal, existe um balanço entre as necessidades ventilatórias e a capacidade neuroventilatória e, a ventilação

espontânea pode ser mantida indefinidamente. Quando, por qualquer causa, o ponto central deste sistema move-se para baixo, desenvolve-se um desequilíbrio entre as necessidades ventilatórias e a capacidade neuroventilatória e, a ventilação espontânea não pode ser mantida.



**Figura 3** - O sistema das duas balanças representando os vários determinantes de carga, competência, fornecimento e necessidade de energia.

Entretanto, outros fatores como os relacionados com o aumento da carga resistiva e elástica pulmonar e da caixa torácica (Tabela 1), e fatores que

diminuem a competência neuromuscular (Tabela 2) também podem ser determinantes da falha do desmame da VPM e da extubação, tanto de pacientes adultos quanto pediátricos e neonatais.<sup>5,24,60</sup>

**Tabela 1 - Fatores que aumentam a carga resistiva e elástica**

<b>Aumento da Carga Resistiva</b>	<b>Aumento da Carga Elástica Torácica</b>	<b>Aumento da Carga Elástica Pulmonar</b>
Broncoespasmo Edema de vias aéreas Excesso de muco Obstrução das vias aéreas superiores Apnéia obstrutiva do sono Dobra do tubo intratraqueal Tampão de muco Resistência do circuito da VPM	Derrame pleural Pneumotórax Tórax flácido Obesidade Tumores Ascite Distensão abdominal Deformidades da coluna torácica espinal Pós-operatório de cirurgia torácica	Hiperinsuflação (PEEP intrínseca) Edema alveolar Infecção Atelectasias Tumor pulmonar

**Tabela 2 - Fatores que diminuem a competência neuromuscular**

<b>Diminuição da condução ventilatória (<i>drive</i>)</b>	<b>Fraqueza Muscular</b>	<b>Alteração da Transmissão Neuromuscular</b>
Intoxicação por drogas Lesão do sistema nervoso central Hipotireoidismo Desnutrição Alcalose metabólica Distrofia miotônica Jejum Alcalose metabólica Hipoventilação induzida pelo sono	Alterações eletrolíticas Desnutrição Miopatia Hiperinsuflação Sepses Drogas, corticoesteróides Atrofia difusa	Polineuropatia do doente grave Bloqueadores neuromusculares Aminoglicosídeos Síndrome de Guillain-Barré Miastenia grave Lesão do nervo frênico Trauma raquimedular



Entretanto, alguns estudos<sup>15,28,55,58</sup> relataram os cuidados otimizados em UTIP para o procedimento de extubação. Estes estudos, basicamente, utilizaram critérios semelhantes para a viabilidade da extubação em pediatria (Tabela 4).

**Tabela 4 - Critérios para a viabilidade da Extubação em Pediatria**

<b>Autores</b>	<b>Critérios Ventilatórios</b>	<b>Critérios Gerais</b>
Schultz <i>et al</i> , 2001	FiO <sub>2</sub> = 60 (SaO <sub>2</sub> 90-92%) PEEP = 5cmH <sub>2</sub> O FR= 1,5 do valor predito VC expiratório < 2x VC predito pH = 7,25	Sem critérios gerais
Durand <i>et al</i> , 2001	FiO <sub>2</sub> = 40% ou PaO <sub>2</sub> / FiO <sub>2</sub> > 150 PEEP = 5cmH <sub>2</sub> O PIP = 30 cmH <sub>2</sub> O	Sem substância vasoativa Nível de consciência adequado Sem sedação, sem febre Correção das alterações metabólicas Doença de base controlada
Farias <i>et al</i> , 2002	FiO <sub>2</sub> = 40% e PaO <sub>2</sub> > 60 mmHg PEEP = 5cmH <sub>2</sub> O	Sem substância vasoativa Nível de consciência adequado Sem sedação, Temperatura < 38,5°C Hemoglobina > 10g/dL Doença de base controlada
Randolph <i>et al</i> , 2002	FiO <sub>2</sub> = 40% e SaO <sub>2</sub> = 95% PEEP = 7cmH <sub>2</sub> O pH = 7,32-7,47 Respiração espontânea Tosse eficaz Sem modificação dos parâmetros da VPM em 24horas	Sem substância vasoativa Nível de consciência adequado Sem sedação, Temperatura < 38,5°C Hemoglobina > 10g/dL Doença de base controlada Sem necessidade cirúrgica nas próximas 24horas

### Teste de Respiração Espontânea (TRE)

O teste de respiração espontânea (*spontaneous breathing trial-SBT*), método de interrupção da VPM, é a técnica mais simples, estando entre as mais eficazes, para o desmame e para a análise do sucesso ou falha da extubação. Consiste em permitir que o paciente ventile espontaneamente através do tubo intratraqueal, conectado a uma peça em forma de “T”, com uma fonte enriquecida de oxigênio, ou recebendo CPAP de 5cmH<sub>2</sub>O, ou com ventilação com PSV de 7cmH<sub>2</sub>O.<sup>18,22,23</sup> Na Tabela 5 constam as medidas objetivas e as subjetivas que devem ser observadas durante este teste e, na Tabela 6 estão os parâmetros que devem ser seguidos para a interrupção do teste.

**Tabela 5** - Medidas Objetivas e Avaliação Clínica Subjetiva que devem ser analisadas durante o Teste de Respiração Espontânea

Medidas Objetivas	Avaliação Clínica Subjetiva
- Troca gasosa adequada	-Alteração do nível de consciência
- Estabilidade hemodinâmica	-Progressão ou piora do desconforto ventilatório
- Padrão ventilatório estável	- Sudorese
	- Sinais do aumento do WOB

**Tabela 6** - Parâmetros clínicos e funcionais para interromper o teste de respiração espontânea

<b>Parâmetros</b>	<b>Sinais de intolerância ao Teste</b>
Frequência respiratória	> 35 ciclos por minuto
SaO <sub>2</sub>	< 90%
Frequência cardíaca	> 140 batimentos por minuto
Pressão artéria sistólica	> 180 mmHg ou < 90mmHg
Sinais e sintomas	Agitação, sudorese, alteração do nível de consciência

Alguns estudos<sup>7,18,22,23,25,49,52</sup> demonstraram que um TRE entre trinta minutos e duas horas foi útil para selecionar os pacientes aptos para a extubação. A desconexão da VPM deve ser realizada oferecendo oxigênio suplementar, para manter taxas de saturação de oxigênio no sangue arterial (SaO<sub>2</sub>) acima de 90%. A suplementação de oxigênio deve ser efetuada com uma FiO<sub>2</sub> de até 0,40 %, não devendo ser aumentada durante o processo de interrupção da VPM. O TRE pode ser efetuado de outras formas: com a ventilação com pressão positiva intermitente bifásica (BIPAP – *biphasic positive airway pressure*),<sup>17</sup> com a compensação automática do tubo (ATC – *automatic tube compensation*)<sup>35</sup> ou com a pressão proporcional assistida (PAV - *proportional assist ventilation*).<sup>35</sup> Estes modos apresentaram resultados semelhantes ao uso do tubo “T” e da PSV para o TRE.<sup>17,20,21,33,35</sup>

A avaliação e a monitorização contínua, á beira do leito, durante o período do TRE, é fundamental para identificar precocemente sinais de intolerância e mecanismos de falência ventilatória. Nos casos em que exista algum sinal de intolerância, o TRE deverá ser suspenso e o paciente submetido às condições ventilatórias prévias (retornar aos parâmetros utilizados na VPM

antes do TRE). Aqueles pacientes que não apresentarem sinais de intolerância a este teste deverão ser avaliados quanto a possibilidade de extubação e observados (monitorados) pelo período de 48 horas, na unidade de terapia intensiva (UTI). Se após 48 horas da extubação permanecerem com autonomia ventilatória, o processo estará concluído com sucesso. Se neste período necessitarem retornar à VPM, será considerada falha da extubação.<sup>9,24</sup>

### **Conduta no paciente que não passou no TRE**

#### **Repouso da musculatura ventilatória**

Os pacientes que falham no TRE inicial deverão ser retornados para a VPM, e deverão permanecer por 24 horas em um modo ventilatório que ofereça conforto, expresso por avaliação clínica. Neste período, serão reavaliadas e tratadas as possíveis causas de intolerância ao TRE. O principal distúrbio fisiológico existente na insuficiência ventilatória parece ser o desequilíbrio entre a carga imposta ao sistema ventilatório e a habilidade em responder a essa demanda. As evidências aconselham manter o paciente no suporte ventilatório com os parâmetros prévios ao TRE durante 24 horas, após a falha da extubação, antes de novas tentativas de desmame da VPM, para que haja recuperação funcional do sistema ventilatório e, de outras causas que possam ter influenciado na fadiga da musculatura ventilatória (uso de sedativos,

---

alterações eletrolíticas, infecção). Nos pacientes que desenvolvem fadiga desta musculatura, a recuperação não ocorre em período menor do que 24 horas.<sup>49</sup> Para pacientes adultos,<sup>25</sup> a aplicação do TRE, com tubo “T”, duas vezes ao dia, não trouxe benefícios aos pacientes quando comparado com a sua aplicação uma vez ao dia.

### **Nova tentativa após 24 horas**

Admitindo que o paciente permaneça elegível para a extubação e, que as causas de intolerância foram revistas, um novo TRE deverá ser realizado após 24 horas. Existem evidências de que a realização diária do TRE abrevia o tempo de VPM, quando comparado aos protocolos em que o TRE não é realizado diariamente, para pacientes adultos.<sup>25</sup> Em pediatria ainda não existem evidências definidas.

### **Conduta no paciente que passou no TRE**

Quando o paciente apresentar sucesso na execução do TRE, ele pode ou não ser elegível para extubação no mesmo dia, dependendo de outros fatores (Tabela 7).

---

Tabela 7 - Fatores a serem considerados antes da extubação

Fatores de análise	Condições necessárias
1.Evento agudo que motivou a VMP	Revertido ou controlado
2.Troca gasosa	PaO <sub>2</sub> ≥ 60 mmHg com FiO <sub>2</sub> ≤ 0,40% e PEEP ≤ 5 a 8 cmH <sub>2</sub> O
3.Avaliação hemodinâmica	Sinais de boa perfusão tecidual; Independência de vasopressores (doses baixas e estáveis são toleráveis); Ausência de insuficiência coronariana ou arritmias com repercussão hemodinâmica.
4.Capacidade de iniciar esforço inspiratório	Sim
5.Nível de consciência	Paciente desperta ao estímulo sonoro, sem agitação psicomotora
6. Tosse	Eficaz
7.Equilíbrio ácido-básico	pH ≥ 7,30
8.Balanço Hídrico	Correção de sobrecarga hídrica
9.Eletrólitos séricos (K, Ca, Mg, P)	Valores normais
10.Intervenção cirúrgica próxima	Não

VMP: ventilação pulmonar mecânica; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; P: fósforo.

### Técnicas de Desmame da VPM

#### Redução gradual da pressão de suporte

O modo ventilatório PSV pode ser utilizado no desmame gradual de pacientes em VPM. Pode ser realizado através da redução da PSV de 2cmH<sub>2</sub>O a 4cmH<sub>2</sub>O, de duas a quatro vezes ao dia, tituladas conforme parâmetros clínicos, até atingir entre 5cmH<sub>2</sub>O e 7cmH<sub>2</sub>O, níveis compatíveis com os do TRE. Esta estratégia foi estudada no desmame gradual de pacientes em VPM em ensaios clínicos randomizados, no estudo de Brochard L *et al*,1994,<sup>7</sup> o uso da PSV resultou em menor taxa de falha de desmame da VPM, quando

comparado ao desmame em ventilação sincronizada mandatória intermitente e ao desmame com períodos progressivos (5 a 120 minutos) do TRE em tubo “T”. Entretanto, no estudo de Esteban A *et al*, 1995,<sup>25</sup> o desmame com PSV foi inferior ao desmame em tubo “T”, em termos de tempo e de taxa de sucesso no desmame da VPM.

### **Ventilação sincronizada mandatória intermitente**

O modo de ventilação mandatória intermitente sincronizada (SIMV) sem pressão de suporte como método de desmame da VPM deve ser evitado. Neste modo ventilatório, que intercala ventilações espontâneas do paciente com períodos de ventilação assisto-controlada do aparelho de VPM, o desmame é realizado reduzindo-se progressivamente a frequência mandatória do aparelho de VPM. Entretanto, quatro estudos prospectivos,<sup>7,21,25,39</sup> com pacientes adultos, demonstraram que este foi o método menos adequado para desmame da VPM, pois resultou em maior tempo de suporte ventilatório. Na sua maioria, estes estudos utilizaram o método SIMV sem suporte pressórico. No estudo de Jounieux V *et al*, 1994,<sup>39</sup> o modo SIMV foi estudado com e sem PSV, sem diferenças estatística significativas entre os grupos.

No caso de dispor de aparelhos que permitem apenas SIMV ou IMV, a frequência respiratória não deve ser reduzida além de 8 ciclos por minuto

---

(cpm), pelo risco de induzir a fadiga da musculatura ventilatória, tanto para pacientes adultos<sup>7</sup> quanto pediátricos.<sup>5</sup>

### **Outros modos de desmame da VPM**

Novos modos de suporte ventilatório, como volume suporte, compensação automática do tubo e a ventilação de suporte adaptativa estão sendo utilizados para facilitar e acelerar o desmame da VPM. Sua eficácia, no entanto, ainda não foi definida em investigações amplas, comparando aos modos mais tradicionais de desmame da VPM.<sup>36</sup>

A ventilação mecânica não invasiva com pressão positiva (VNIPP) também tem sido utilizada como método de desmame da VPM invasiva. Os resultados tem sido satisfatórios para pacientes imunocomprometidos; pós-operatórios de correção de cifoescoliose, cirurgia bariátrica, cirurgias cardíacas, tanto para pacientes adultos como pediátricos e neonatais.<sup>4</sup>

### **ÍNDICES PREDITIVOS DA EXTUBAÇÃO**

O momento ideal para a extubação, de crianças submetidas a VPM, continua como um dado subjetivo, mas pode ser baseado em protocolos de desmame e/ou em índices ventilatórios. Extensivo esforço tem sido feito para

---

identificar os fatores preditivos de uma extubação com sucesso em pediatria <sup>16</sup>. Critérios como o volume minuto expiratório ( $V_E < 10$  l/min); a força muscular inspiratória negativa ( $P_{iMáx} \leq -50$  cmH<sub>2</sub>O); o índice de respiração rápida superficial [(IRS)- *rapid shallow breathing index (RSBI)*]; a relação carga/força [(RCF)- *load/force balance*] têm sido utilizados em pacientes adultos e pediátricos para a decisão do momento ideal da extubação.<sup>26,38,51</sup> Porém, os estudos sobre a aplicação de alguns destes preditores de extubação, especialmente o IRS, em pediatria e neonatologia, mostram resultados inconclusivos.<sup>5,16,27,44,48</sup> Parâmetros como a FR, o VC, o  $V_E$ , o IRS, a capacidade vital e a  $P_{iMáx}$  geralmente têm sido utilizados em algumas UTIP para auxiliar na decisão da extubação (Tabela 8).

**Tabela 8** - Parâmetros utilizados freqüentemente para auxiliar na decisão de extubação da VPM em pediatria

FR: 20-60 ciclos/min < 6 meses; 15-45 < 2 anos; 15-40 < 5 anos; 10-35 $\geq$ 5 anos
VC: 6-8 mL/Kg
Volume minuto (FR x VC)
IRS (FR/VC ajustado pelo peso) < 6,5 FR/ml/Kg/min
Capacidade Vital >10-15 mL/Kg
$P_{iMáx} \leq -30$ cmH <sub>2</sub> O

Outros parâmetros também podem ser utilizados como auxiliares no desmame da VPM e na decisão de extubação, tais como: Pressão de oclusão ( $P_{0.1}$  ou  $P_{100}$ ), trabalho ventilatório ( $WOB = \int \text{pressão} \times \text{volume}$ ), Pressão esofágica ( $P_e$ ) e transdiafragmática ( $P_{trans}$ ), atividade eletromiográfica do

diafragma, espaço morto fisiológico, tonometria gástrica (gradiente  $P_gCO_2 - PaCO_2$ ), entre outros. Porém, estes parâmetros requerem técnicas especiais de mensuração, muitas vezes não sendo de rotina à beira do leito e, sendo indicados para casos específicos (casos de difícil desmame da VPM ou com diversas falhas de extubação).

Os parâmetros que avaliam a capacidade de proteção da via aérea <sup>70</sup> (Tabela 9) são de fácil observação e auxiliam de forma prática e rápida no processo de desmame da VPM e na decisão de extubação.

**Tabela 9** - Parâmetros que avaliam a capacidade de proteção das vias aéreas

PeMáx
Débito expiratório máximo
Reflexo de tosse (resposta ao estímulo com a sonda de aspiração)
Eficácia da tosse
Volume de muco
Freqüência das aspirações traqueais
Avaliação do escore de coma de Glasgow

Alguns índices podem ser utilizados para avaliar a evolução do desmame da VPM e como preditores de extubação. Os índices citados abaixo são de fácil mensuração à beira do leito e, têm sido utilizados freqüentemente nas unidades de terapia intensiva adulto, pediátricas e neonatais:

- Teste de Respiração Espontânea (TRE)- *SBT*;<sup>18,22</sup>
- $P_{iM\acute{a}x}$ ,  $P_{0.1}/P_{100}$ ;<sup>47</sup>  $PI/P_{iM\acute{a}x}$ ;<sup>63</sup> associação da  $PI/P_{iM\acute{a}x}$  e *IRS*;<sup>63</sup>
- $IRS = FR/VC$ ;<sup>69,70</sup>  $IRS = (FR/VC)/\text{peso}$ ;<sup>51</sup> produto do *IRS* e  $P_{0.1}$  [ $IRSP_{0.1} = P_{0.1} \times (FR/VC)$ ];<sup>51,57</sup>
- $CROP = (C_{din} \times P_{iM\acute{a}x} \times (P_{aO_2}/P_{AO_2}))/FR$ ;<sup>47</sup>
- Índice pressão-tempo:  $IPT = (PTP/TCV)/P_{iM\acute{a}x}$ ;<sup>51,64</sup> Índice tensão-tempo 1 (TT1) e Índice tensão-tempo 2 (TT2);<sup>30,31,51,64</sup>
- Índice Simplificado de Desmame (ISD).<sup>37</sup>

### ***Pico de Pressão Inspiratória Máxima ( $P_{iM\acute{a}x}$ ), relação $P_{0.1}/P_{100}$ , combinação $PI/P_{iM\acute{a}x}$ e *IRS****

A evolução clínica da doença pulmonar é influenciada pela inflamação aguda e/ou crônica das vias aéreas, e pelas infecções nosocomiais às quais ficam predispostas as crianças em VPM. Essas infecções predisõem ao aprisionamento gás e modificam a complacência do sistema ventilatório, com aumento do trabalho ventilatório (*work of breathing- WOB*) e diminuição da força dos músculos inspiratórios.<sup>6</sup> A força da musculatura ventilatória pode ser mensurada com a utilização da manovacuometria, um método não invasivo, simples e prático de ser aplicado (Tabela 10 e 11).

**Tabela 10-** PiMáx- Pico de Pressão Inspiratória Máxima

<b>Medidas Objetivas</b>	<b>Valores Preditivos de Sucesso da Extubação</b>
- PiMáx melhor de 3 (20-45 seg) - P <sub>0.1</sub> /P <sub>100</sub> - Relação carga/força [(RCF=15x(3xMAP)/(PiMáx+0.03)xIRS-5)]	PiMáx = - 50cmH <sub>2</sub> O PiMáx = - 30cmH <sub>2</sub> O RCF= 1 (valor predito para adultos)

**Tabela 11 -** Equações para a predição da PiMáx e PeMáx

	<b>Equações de predição da PiMáx</b>	<b>Equações de predição da PeMáx</b>
Homens	142 – (1,03 x idade em anos)	180 – (0,91 x idade em anos)
Mulheres	-43 + (0,71 x altura em cm)	3,5 + (0,55 x altura em cm)
Meninos	44,5 + (0,75 x peso em kg)	35 + (5,5 x idade em anos)
Meninas	40 + (0,57 x peso em kg)	24 + (4,8 x idade em anos)

Adaptado de Wilson SH *et al*, 1984.<sup>68</sup>

O manovacuômetro, que pode ser analógico ou digital (Figuras 4,5 e 6) é o instrumento utilizado para medir, ao nível da boca, a pressão inspiratória máxima (PiMáx), que reflete a força da musculatura ventilatória inspiratória e, a pressão expiratória máxima (PeMáx), que reflete a força da musculatura ventilatória expiratória. Os valores das medidas são expressos em cmH<sub>2</sub>O, os instrumentos devem permitir mensurações entre – 160cmH<sub>2</sub>O e + 200 cmH<sub>2</sub>O,

sendo que os valores negativos referem-se a PiMáx e os valores positivos a PeMáx.



**Figura 4-** Manovacômetro analógico WIKA® .



**Figura 5 -** Manovacômetro Digital MVD 300® da Globalmed.



**Figura 6 -** Manovacômetro Digital MVD 500® da Globalmed.

Este teste pode ser efetuado com pacientes em ventilação espontânea, intubados ou traqueostomizados. Para a sua execução em pacientes pediátricos e em suporte ventilatório, deve-se conectar a válvula do manovacuômetro ao tubo intratraqueal ou na traqueostomia da criança, que deverá estar com a cabeceira do leito elevada à 30°. O avaliador deve aguardar que a criança realize três esforços inspiratórios e três expiratórios. Deve ser considerado o valor mais elevado dos três esforços para cada fase de ventilação (ins e expiratória). O teste deve ter um tempo de execução entre 15 e 45 segundos. Os valores obtidos podem ser comparados com os parâmetros de normalidade por meio das equações de predição<sup>68</sup> (Tabela 11).

O primeiro valor numérico observado no manovacuômetro, em um segundo, é denominado de pressão de oclusão ( $P_{1.0}$ ), o que permite calcular a  $P_{1.0} / P_{100}$ . A combinação da pressão média nas vias aéreas [ $MAP = \{(PIP - PEEP) \times [Ti / (Te + Ti)] + PEEP\}$ ], da  $PiMáx$  e do IRS é denominada de relação carga/força ( $RCF = 15 \times (3 \times MAP) / (PiMáx + 0.03) \times IRS - 5$ ), criada e utilizada primeiramente em pacientes adultos, por Vassilakopoulos T *et al*, 2006.<sup>63</sup>

### ***Índice de Respiração Rápida Superficial em Pediatria (IRS) e produto de IRS e $P_{1.0}$***

A falha do desmame da VPM pode ser um resultado do desequilíbrio entre a capacidade dos músculos envolvidos na mecânica ventilatória e a

---

demanda ventilatória. A razão entre a FR e o VC ajustados pelo peso em Kg (*pediatric rapid shallow breathing index - RSBI*),<sup>51</sup> durante a ventilação espontânea, aumenta quando existe este desequilíbrio. O IRS é um dos índices que pode ser utilizado para identificar os pacientes que irão ter sucesso ou falha da extubação decorrente da diminuição da resistência dos músculos ventilatórios.<sup>27,28,38,51,62</sup>

Estudos prévios<sup>11,20,46,62,69</sup> com pacientes adultos, demonstraram excelente sensibilidade e moderada especificidade para o IRS. A sua especificidade para pacientes no pós-operatório é semelhante a dos pacientes clínicos.

A capacidade do IRS, e do produto de IRS e  $P_{0.1}$ , como preditores do sucesso ou falha da extubação têm sido analisada para pacientes adultos, pediátricos e neonatais.<sup>20,28,46,51,60,67</sup> Os estudos realizados, com a população pediátrica e neonatal, demonstram resultados com modera sensibilidade e baixa especificidade para predição de falha ou sucesso da extubação com o IRS.<sup>28,38,51,60,67</sup> Algumas hipóteses podem explicar este fato, tais como a heterogeneidade das amostras (idade, peso, FR, doença de base), o tipo de delineamento dos estudos prévios, as características inerentes à intubação traqueal (tempo de intubação traqueal, diâmetro da cânula traqueal, número de tentativas na intubação, utilização de balonete intratraqueal) e ao uso de VPM (tempo de VPM, modo ventilatório, assincronia paciente-aparelho de VPM).

---

A maioria dos estudos, que demonstraram que o IRS não é um bom preditor de extubação, foram desenvolvidos com pacientes de diferentes faixas etárias, diagnósticos e tempo de intubação traqueal. Entretanto, demonstrando que fatores como maior idade gestacional, idade pós-natal, tempo de intubação e peso de nascimento estão relacionados com a falha ou com o sucesso da extubação.<sup>12,13,14,27,28,42,61,51</sup> Baumeister BL *et al*, 1997<sup>5</sup> ajustou o IRS e a complacência dinâmica ao peso das crianças. Em seu estudo, as falhas de extubação mostraram-se em 24 horas, com erro de 19%. Khan N *et al*, 1996<sup>44</sup> com uma amostra de 208 crianças, utilizando o mesmo método, encontrou falha de extubação de 10% após 48 horas. Até então, tem sido aceito o ponto de corte para o  $IRS \leq 6.5$  FR/min/mL/Kg para predizer o sucesso da extubação em pediatria, porém com moderada sensibilidade (80%) e baixa especificidade (70%)<sup>28</sup> (Tabela 12).

**Tabela 12 – IRS- Índice de Respiração Rápida Superficial em Pediatria**

<b>Medidas Objetivas</b>	<b>Valores Preditivos de Sucesso da Extubação</b>
- Ventilometria - $VC = (Volmin/FR)/peso \times 1000$ - $IRS = FR/VC$	- $IRS \leq 6,5$ FR/min/mL/Kg <sup>27</sup>

### **Índice CROP**

É um índice (Equação 1) que agrega dados da complacência dinâmica ( $C_{din}$ ), FR, gradiente alvéolo-arterial de oxigênio ( $PaO_2/PAO_2$ ) e a  $PiMáx$ . Um valor maior do que 13ml/cmH<sub>2</sub>O/cpm é preditivo de sucesso de extubação para pacientes adultos (sensibilidade de 81% e especificidade de 57%)<sup>70</sup>. Em pediatria o valor encontrado para o índice CROP deve ser ajustado pelo peso em Kg, o ponto de corte para sucesso da extubação é de  $CROP \geq 0.15$  ml/Kg/cmH<sub>2</sub>O/cpm<sup>44</sup>.

### **Equação 1**

$$CROP = (C_{din} \times PiMáx \times [(PaO_2/PAO_2)]/FR)^{47}$$

### **Índice pressão-tempo (IPT)**

Quando definidos o VC e o tempo inspiratório ( $Ti$ ), as propriedades intrínsecas (elásticas e friccionais) do sistema ventilatório irão determinar a pressão gerada por incursão ventilatória, assim como o WOB. A pressão inspiratória desenvolvida pelo sistema ventilatório por incursão em um determinado  $Ti$  é mensurada de acordo com a Equação 2, considerando o

produto pressão-tempo [PPT =  $P_{iMáx} \times FR$ ] e o tempo do ciclo ventilatório [TCV=  $T_i$  + tempo expiratório].

Em um estudo transversal<sup>40</sup> foi avaliado o IPT de 31 pacientes adultos com doença pulmonar obstrutiva crônica, 14 pacientes que toleraram o TRE e foram extubados apresentaram IPT com valores abaixo de 50cmH<sub>2</sub>O/seg. O IPT foi capaz de prever a falha da extubação desta amostra ( $P=0.001$ ).

No estudo transversal com 90 pacientes pediátricos,<sup>38</sup> com diagnóstico de bronquiolite aguda, foi identificado um ponto de corte em 0.50cmH<sub>2</sub>O/Kg/seg para o IPT como preditor de sucesso na extubação desta amostra, com sensibilidade de 94% e especificidade de 100%, analisado pela curva ROC. No estudo de Noizet O *et al*, 2005<sup>51</sup> encontraram sucesso de extubação para pacientes com  $IPT \leq 0.08$  cmH<sub>2</sub>O/Kg/seg. Em neonatologia este índice ainda não foi estudado.

### **Equação 2**

$$PTI = (PPT/TCV)/P_{iMáx} \quad 64$$

### **Índice Tensão-Tempo (ITT)**

Existem duas fórmulas para o cálculo do ITT ( $ITT_1$  e  $ITT_2$ ). Para o cálculo do  $ITT_1$  devem ser considerados a  $P_{01}$ , a  $P_{iMáx}$ , o tempo inspiratório

---

e o TCV (Equação 3).<sup>30,31</sup> O ponto de corte em pediatria para prever o sucesso da extubação é 0.02cmH<sub>2</sub>O/ml/min.<sup>51</sup>

Para o cálculo do ITT<sub>2</sub> devem ser considerados a MAP, a Pimáx, o tempo inspiratório e o TCV<sup>64</sup>. Noizet O *et al*, 2005<sup>51</sup> encontrou o ponto de corte menor do que 0.05 cmH<sub>2</sub>O/ml/min em uma amostra geral de pacientes pediátricos como preditor de sucesso da extubação.

### **Equação 3**

$$\text{ITT}_1 = [0.5 \times (P_{0.1} \times 10) \times T_{\text{ins}} / P_{\text{iMáx}}] \times T_{\text{insp}} / \text{TCV}$$

### **Equação 4**

$$\text{ITT}_2 = [(MAP / P_{\text{iMáx}}) \times T_{\text{ins}}] \times \text{TCV}$$

## **Índice simplificado de desmame (ISD)**

No ISD são consideradas a resistência dos músculos ventilatórios e a capacidade para manter uma troca gasosa adequada (Equação 5). Este índice é a combinação do índice pressão-tempo modificado [IPTM =  $[(T_i / \text{TCV}) \times (P_{\text{IP}} \times \text{VC})] / (\text{VC espontâneo} / P_{\text{iMáx}})$ ] e de parâmetros que avaliam a eficiência das trocas gasosas [ETG =  $(V_E \times \text{PACO}_2) / (\text{VC espontâneo} \times 40)$ ]. O ISD foi estudado, até então, apenas em 38 pacientes adultos com

doença pulmonar obstrutiva crônica, os resultados mostraram uma tendência para falha da extubação em pacientes com maiores valores deste índice, entretanto, com baixa sensibilidade e especificidade para predizer a falha de extubação.<sup>37</sup>

### **Equação 5**

$$\text{ISD} = \text{IPTM} \times \text{ETG}$$

## **SEDAÇÃO, ANALGESIA e BLOQUEIO NEUROMUSCULAR**

Além das estratégias de ajustes dos parâmetros do aparelho de VPM, da monitorização contínua e da avaliação dos índices preditivos de extubação, visando escolher o melhor modo de desmame e de retirada da VPM, é fundamental que se observe alguns cuidados relacionados aos pacientes. A omissão ou a negligência com estes cuidados poderá ser decisiva na definição do caminho que conduz ao sucesso ou ao fracasso do desmame e/ou da extubação.

A colocação de um tubo traqueal, a instituição de uma terapêutica antifisiológica, como a VPM e a necessidade de manter o paciente restrito ao leito implicam na utilização de sedação, associada ou não à analgesia. Para determinados casos é necessário se utilizar sedativos acima das doses

---

recomendadas, podendo-se induzir uma sedação excessiva, hipotensão arterial, depressão respiratória e abstinência às drogas, entre outros efeitos colaterais.<sup>45</sup>

Durante a fase de desmame da VPM é imprescindível que o paciente mantenha-se desperto, interagindo com o meio ambiente e, ao mesmo tempo, esteja confortável com o tubo traqueal. Este estágio de sedação, na escala de sedação Ramsay<sup>54</sup> (Anexo escala de Ramsay) se situa entre 2 e 3 pontos.

A sedação intravenosa contínua está associada com um aumento do tempo de VPM e de internação na UTI, com a falência de órgãos e com as taxas de reintubação. O nível de consciência no momento em que o paciente preenche os critérios para a extubação estão relacionados com o nível de sedação durante o uso da VPM. A interrupção diária de sedativos reduz o tempo de duração da VPM e o tempo de permanência na UTI.<sup>53</sup>

Na escolha do melhor esquema de sedação para um determinado paciente é importante considerar os seguintes aspectos citados abaixo.

### ***Tempo de uso das drogas***

Para a utilização de drogas em curtos períodos, dá-se preferência para aquelas com rápida metabolização no organismo e de infusão contínua, como o midazolam, morfina ou o fentanil. A insuficiência renal ou hepática aumenta a

---

meia vida de muitos sedativos e analgésicos, este fato deve ser considerado na utilização dos sedativos na fase de desmame da VPM.<sup>10</sup>

### ***Possíveis efeitos indesejados***

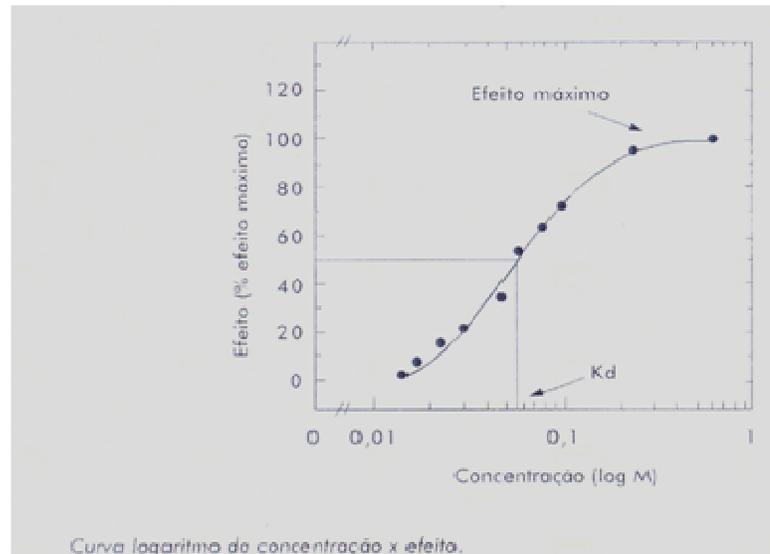
A morfina e meperidina liberam histamina, causam hipotensão e broncoespasmo; a cetamina produz broncodilatação, hipertensão arterial e alucinações; o fentanil pode ocasionar rigidez torácica; o pancurônio está associado com taquicardia; os diazepínicos ligam-se à albumina aumentando o nível de bilirrubina livre, predispondo ao kernicterus; o hidrato de cloral é hepatotóxico, aumenta a incidência de gastrite, ocasiona depressão respiratória tardia decorrente de sua meia vida longa; thionembutal causa hipotensão arterial grave, decorrente da vasodilatação.<sup>53</sup>

Como toda a medicação, os sedativos e os analgésicos têm efeitos adversos, que devem ser conhecidos pela equipe multiprofissional (intensivista, pediatra, fisioterapeuta e enfermeira). No caso de utilizar-se uma droga com efeitos colaterais, deve-se antagonizar estes efeitos precocemente, com o uso de vasopressores e expansão volumétrica, quando se utiliza agentes que possam ocasionar hipotensão arterial.<sup>53</sup>

Mesmo que determinados fármacos exibam tolerância com o passar do tempo, para se obter o mesmo efeito terapêutico deve-se aumentar progressivamente a dose. Neste grupo, destacam-se os derivados da morfina,

---

que precocemente ocasionam este efeito. A tolerância é definida também como o desvio para a direita da curva dose-efeito de uma determinada droga (Figura 7).<sup>34</sup> Portanto, durante o processo de desmame sugere-se uma retirada lenta e progressiva dos analgésicos e sedativos.



**Figura 7** – Curva Logarítmica da concentração x efeito das drogas.  
Retirado de Guimarães SF, 2005<sup>34</sup>.

A síndrome de abstinência às drogas utilizadas no período de VPM é um dos principais fatores relacionados à falha no processo de desmame do suporte ventilatório. A equipe multiprofissional deve estar atenta aos sinais de abstinência, que podem ser avaliados através do escore de Finnegan (Tabela 13),<sup>29</sup> estes sinais podem estar presentes no processo de desmame da VPM e após a extubação.

Tabela 13- Escore de Finnegan

Sinais e sintomas	Escore	Sinais e sintomas	Escore
<b>Choro</b>		<b>Febre</b>	
Excessivo	2	37,8°C - 38,3°C	1
Contínuo	3	> 38,3°C	2
<b>Dormir após a alimentação</b>		<b>Frequência respiratória</b>	
Menos de 1 hora	3	> 60 rpm	1
Menos de 2 horas	2	> 60 rpm e retrações	2
Menos de 3 horas	1	<b>Tremores</b>	
Reflexo de Moro		Grave	4
Hiperatividade	2	Moderado a grave	3
Marcadamente hiperativo	3	Leve	2
		Sem tremor	1
Aumento do tônus muscular	2	Sucção excessiva	1
Bocejos freqüentes	1	Come pouco	2
Escoriação	1	Regurgitação	2
Convulsões	5	Vômitos em jato	3
Sudorese	1	Fezes semi-pastosas	2
Cutis marmórea	1	Fezes líquidas	3
Espirros freqüentes	1		
Prurido nasal	1		
Batimento de asa de nariz	2		

Retirado de Finnegan LP *et al*, 1975<sup>28</sup>.

Quando duas drogas forem metabolizadas pelo mesmo sistema ou agem nos mesmos locais de ação será observado um fenômeno denominado de “tolerância cruzada”. Neste caso uma droga é capaz de suprimir as manifestações da síndrome de abstinência decorrente da administração de outras drogas. No caso da utilização de opiáceos por tempo prolongado é bastante conhecida a substituição por metadona. Muitas opções terapêuticas tem sido avaliadas para a prevenção e tratamento da síndrome de abstinência. As drogas pertencentes a uma mesma classe são as preferidas, por exemplo, midazolam por lorazepam. A metadona, por via oral, apresenta uma biodisponibilidade de 80% a 90% e uma meia vida de 12horas a 24horas. A

morfina é equipotente no que se refere a analgesia, porém com menor efeito e seus metabólitos são inativos. O início da conversão do fentanil para a metadona deve ser na UTI, podendo-se manter a metadona por via oral (VO) na enfermaria e mesmo no domicílio.<sup>34</sup>

Quando da administração prolongada de opióides e sedativos, a mudança para agentes de ação longa, utilizando a VO (metadona, lorazepam) podem determinar uma alta mais precoce da criança. Para se realizar a conversão do fentanil intravenoso (IV) para a metadona VO, é necessário o conhecimento dos fatores que influenciam a relação desta conversão. Portanto, esta conversão tem uma relação de 1:1, e a dose total de fentanil (mg/Kg) recebida pelo paciente em 24 horas deve ser a dose total de metadona fornecida em duas doses com intervalo de 12 horas. Após a segunda dose de metadona, o fentanil IV é reduzido em 50%; após a terceira dose diminui-se mais 50% e após a quarta dose o fentanil IV é suspenso.<sup>10</sup>

A dose total, diária, de midazolam (mg/Kg/24hs) deve ser dividida por doze para se obter a dose total diária de lorazepam, que deve ser fornecida por via oral a cada 6hs. Após a segunda dose de lorazepam a infusão do midazolam deve ser reduzida de 50%, após a terceira dose de mais 50% e após a quarta dose o midazolam deve ser suspenso.<sup>45</sup>

---

***A necessidade de analgesia***

A presença de dor ou desconforto pode ser um empecilho para o desmame, predispondo a criança à hipoventilação e às atelectasias. Este fato ocorre principalmente em pós-operatórios. Nestes casos, sugere-se manter uma infusão contínua em doses mais baixas, por exemplo, a morfina (0,01mg/kg/h) associada a analgésicos não opióides (dipirona ou paracetamol).<sup>10</sup>

***Bloqueadores neuromusculares***

Atualmente, a indicação de bloqueadores neuromusculares para pacientes em VPM é rara. O uso destes agentes reduz o tônus muscular, e a pressão intrabdominal desloca o diafragma em direção ao tórax, diminuindo a possibilidade de expansão pulmonar. Durante o processo de desmame da VPM e no período pré-extubação é contra-indicado o uso destes fármacos.<sup>10</sup>

Portanto, durante o desmame da VPM a sedação/analgesia devem ser em doses adequadas (nem muito e tampouco escassa) permitindo a ventilação espontânea da criança. Entretanto, sem causar desconforto ou agitação ao paciente. A situação clínica deve estar estável e, preferencialmente em remissão. Cuidados especiais devem ser dirigidos às possíveis alterações hidroeletrólíticas e ácido-básicas, dentre as quais destacam-se a potassemia,

---

natremia, fosfatemia, alcalose ou acidose metabólica e alterações da glicemia. Estes distúrbios metabólicos podem estar relacionadas com a falha da extubação.<sup>53</sup>

A agitação súbita de uma criança em VPM, na fase de desmame do suporte ventilatório, pode ser sinal de hipoventilação e hipóxia, podendo ocorrer a extubação acidental, queda do VC, atelectasias, pneumotórax ou obstrução do tubo traqueal.<sup>43</sup> Entretanto, várias podem ser as causas de agitação, dentre elas as principais são a ansiedade, dor/desconforto, uso de fármacos (corticóides, anticonvulsivantes, broncodilatadores, anticolinérgicos).<sup>45</sup>

## **FATORES ASSOCIADOS AO ATRASO NO DESMAME E COMPLICAÇÕES DA FALHA DA EXTUBAÇÃO**

O atraso no desmame pode predispor ao uso da VPM por tempo prolongado e *vice-versa*, o que favorece a miopatia generalizada e a atrofia diafragmática.<sup>1</sup> A alteração da distensão muscular esquelética em UTI pode ser uma consequência de distúrbios eletrolíticos ou um efeito direto de hipercapnia, hipóxia, desnutrição, tratamento com corticoesteróides e do débito cardíaco baixo. Entretanto, os pacientes gravemente enfermos, com sepsis, com disfunção de múltiplos órgãos e outros diagnósticos (Tabela 14), são de risco para o desenvolvimento de neuropatia do doente grave, a qual é na maioria dos

---

casos, uma combinação de miopatia e neuropatia.<sup>1</sup> A fraqueza dos músculos ventilatórios que se segue é provavelmente um dos maiores determinantes da falha do desmame da VPM de pacientes recuperando-se de doenças graves.

**Tabela 14-** Causas mais freqüentes de falha do desmame da ventilação pulmonar mecânica (VPM)

<b>Causas freqüentes de falha do desmame da VPM</b>
<b>Fadiga durante o desmame</b>
<b>Causas cardíacas</b>
-insuficiência cardíaca
-arritmias
-hipertensão arterial
-doença cardíaca isquêmica
<b>causas pulmonares</b>
-doença pulmonar crônica
-broncoespasmo
-atelectasia
-pneumonia associada a VPM
-pneumotórax oculto
-diâmetro interno do intratraqueal pequeno
<b>Causas metabólicas</b>
-hipofosfatemia
-hipopotassemia
-hiperglicemia
-hipermagnesemia
-hipotireoidismo
-desnutrição
<b>Alterações da caixa torácica</b>
-escoliose grave, cifose e cifoescoliose
-malformações congênitas da caixa torácica
<b>Alterações no Sistema Nervoso Central</b>
-sedação excessiva
-coma
-acidente vascular cerebral
<b>Alterações no Sistema Nervoso Periférico</b>
-polineuropatia do doente grave
-Síndrome de Guillain-Barré
<b>Defeitos de transmissão neuromuscular</b>
-miastenia graves
-induzida por drogas (aminoglicosídeos, colistin)
-bloqueadores neuromusculares
-hipermagnesemia
<b>Miopatia</b>

Adaptado de Amaya-Villar R *et al*, 2006.<sup>1</sup>

A infecção também é um fator importante relacionado ao atraso no desmame da VPM. A presença de um tubo intratraqueal por um período superior a três dias, aumenta de forma significativa o risco de pneumonia intrahospitalar, determinando um maior tempo de permanência hospitalar, bem como um aumento da mortalidade.<sup>10</sup>

A insuficiência cardíaca também pode ocasionar atraso do desmame da VPM. Em pacientes submetidos ao TRE, uma diminuição progressiva na SaO<sub>2</sub>, ocasionada por uma diminuição no transporte de oxigênio e por um aumento na sua extração, aumentam a taxa de falha da extubação.<sup>41</sup> Uma permanência prolongada na UTI também pode levar à complicações decorrentes do confinamento no leito e das alterações nas condições gerais, incluindo composição muscular esquelética, a resposta cardiovascular ao estresse, a desmineralização óssea, a perda protéica e a diminuição da água corpórea total.<sup>10</sup>

---

## **CONCLUSÕES**

Embora exista atualmente “uma ciência” do desmame da VPM, com evidências que auxiliam a prática clínica, permanece uma “arte” o processo de desmame da VPM como também a identificação do momento ideal para a extubação. A utilização de menos sedativos, o uso de modos ventilatórios com maior possibilidade de interação paciente-aparelho de VPM, a ênfase na reabilitação global (fisioterapia respiratória e motora) da criança, a utilização de protocolos de desmame e de índices preditivos de sucesso ou falha da extubação podem determinar uma menor morbidade e auxiliar na redução da mortalidade.

---

**REFERÊNCIAS**

1. Amaya-Villar R, Garnacho-Montero J, Ortiz-Leyba C *et al.* Polyneuropathy and Discontinuation from mechanical ventilation. *Clin Pul Med* 2006; 13:348-52.
  2. Baisch SD, Wheeler WB, Kurachek SC *et al.* Extubation failure in pediatric intensive care incidence and outcomes. *Pediatr Crit Care Med* 2005;6:312.
  3. Balsan MJ, Jones JG, Watchko JF *et al.* Measurements of pulmonary mechanics prior to the elective extubation of neonates. *Pediatr Pulmonol* 1990;9:238-43.
  4. Barbosa AP, Johnston C, Carvalho WB. *Ventilação não-invasiva em neonatologia e pediatria.* São Paulo: Editora Atheneu;2007.
  5. Baumeister BL, El-Khatib M, Smith PG *et al.* Evaluation of predictors of weaning from mechanical ventilation in pediatric patients. *Pediatr Pulmonol* 1997; 24:344-52.
  6. Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis* 1969;99:696-702.
  7. Brochard L, Rauss A, Benito S *et al.* 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.
-

8. Bouchard L. Weaning from mechanical ventilation. When pediatric intensive care medicine profits from adult experience and vice-versa. *Intensive Care Med* 2001;27:1564-6.
  9. Brown BR. Understanding mechanical ventilation: patient monitoring, complications and weaning. *J Okla State Med Assoc* 1994;87:411-8.
  10. Carvalho WB, Hirschheimer MR, Matsumoto T. *Terapia Intensiva Pediátrica*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Editora Atheneu;2006.
  11. Chatila W, Jacob B, Guaglianone D *et al*. The unassisted respiratory rate-tidal volume ratio accurately predicts weaning outcome. *Am J Med* 1999; 101:61-7.
  12. Dimitriou G, Greenough A, Endo A *et al*. Prediction of extubation failure in preterm infants. *Arch Dis Child* 2002;86:32-5.
  13. Dimitriou G, Greenough A, Laubscher B. Lung volume measurements immediately after extubation by prediction of extubation failure in premature infants. *Pediatr Pulmonol* 1996;21:250-4.
  14. Dimitriou G, Greenough A. Computer assisted analysis of the chest radiograph lung area and prediction of failure of extubation from mechanical ventilation in preterm neonates. *Br J Radiol* 2000;73:156-9.
  15. Durand DJ, Asselin JM, Hudak ML *et al*. Early high-frequency oscillatory ventilation versus synchronized intermittent mandatory ventilation in very low birth weight infants: a pilot study of two ventilation protocols. *J Perinatol* 2001;21:221-9.
-

- 
16. Edmunds S, Weiss I, Harrison R. Extubation Failure in a Large Pediatric ICU Population. *Chest* 2001;119:897-900.
  17. Elrazek EA. Randomized prospective crossover study of biphasic intermittent positive airway pressure ventilation (BIPAP) versus pressure support ventilation (PSV) in surgical intensive care patients. *Middle East J Anesthesiol* 2004;17:1009-21.
  18. Ely EW, Baker AM, Dunagan DP *et al.* Effect on the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *N Engl J Med* 1996;335:1864-9.
  19. Epstein SK. Decision to extubate. *Int Care Med* 2002;28:535-46.
  20. Epstein SK. Evaluation of the rapid shallow breathing index in the clinical setting. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;152:545-9.
  21. Esen F, Denkel T, Telci L *et al.* Comparison of pressure support ventilation (PSV) and intermittent mandatory ventilation (IMV) during weaning in patients with acute respiratory failure. *Adv Exp Med Biol* 1992;317:371-6.
  22. Esteban A, Alia I, Gordo F *et al.* Extubation outcome after spontaneous breathing trials with T-tube or pressure support ventilation. The Spanish Lung Failure Collaborative Group. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;156:459-65.
  23. Esteban A, Alia I, Tobin MJ *et al.* Effect of spontaneous breathing trial duration on outcome of attempts to discontinue mechanical ventilation.
-

- 
- Spanish Lung Failure Collaborative Group. Am J Respir Crit Care Med 1999;159:512-8.
24. Esteban A, Alia I. Clinical management of weaning from mechanical ventilation. Intensive Care Med 1998;24:999-1008.
25. Esteban A, Frutos F, Tobin MJ *et al.* A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. Spanish Lung Failure Collaborative Group. N Engl J Med 1995;332:345-50.
26. Esteban A, Anzueto A, Alia I *et al.* How is mechanical ventilation employed in the intensive care unit? An international utilization review. Am J Respir Crit Care Med 2000;161:1450-8.
27. Farias JA, Alia I, Esteban A *et al.* Weaning from mechanical ventilation in pediatric intensive care patients. Intensive Care Med 1998; 24:1070-5.
28. Farias JA, Alía I, Retta A *et al.* A evaluation of extubation failure predictors mechanically ventilated infants and children. Intensive Care Med 2002; 28:752-7.
29. Finnegan LP, Connaughton JF jr, Kron RE *et al.* Neonatal abstinence syndrome: Assesment and management. Addit Dis 1975;2:141-58.
30. Gaultier C, Perret L, Boule M *et al.* Occlusion pressure and breathing pattern in healthy children. Respir Physiol 1981;46:71-80.
31. Gaultier C. Tension-time index of inspiratory muscles in children. Pediatr Pulmonol 1997;23:327-9.
-

- 
32. Gomes-Cordeiro AM, Fernandes JC, Troster EJ. Possible risk factors associated with moderate or severe airway injuries in children who underwent endotracheal intubation. *Pediatr Crit Care Med* 2004;5:364-8.
33. Grasso S, Puntillo F, Mascia L *et al.* Compensation for increase in respiratory workload during mechanical ventilation. Pressure-support versus proportional-assist ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161:819-26.
34. Guimarães SF. Bases farmacológicas e Fundamentos de psicofarmacologia. São Paulo: Atheneu, 2005;p. 1-28.
35. Haberthur C, Mols G, Elsasser S *et al.* Extubation after breathing trials with automatic tube compensation, T-tube, or pressure support ventilation. *Acta Anaesthesiol Scand* 2002;46:973-9.
36. Hess D. Ventilator modes used in weaning. *Chest* 2001;120:474S-6S.
37. Jabour ER, Rabil DM, Truwit JD *et al.* Evaluation of a new weaning index based on ventilatory endurance and the efficiency of gas exchange. *Am Rev Respir Dis* 1991;144:531-7.
38. Johnston C, Piva JP, Celiny PG *et al.* Extubation predictor's in children with acute viral bronchiolitis submitted to mechanical ventilation. *Ped Crit Care Méd* 2007; Proceedings of Vth World Congress on Pediatric Intensive Care (to be published).
39. Jounieaux V, Duran A, Levi-Valensi P. Synchronized intermittent mandatory ventilation with and without pressure support ventilation in
-

- 
- weaning patients with COPD from mechanical ventilation. *Chest* 1994;105:1204-10.
40. Jubran A, Tobin MJ. Pathophysiologic basis of acute respiratory distress in patients who fail a trial of weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;155:906-15.
41. Jubran A. Monitoring patient mechanics during mechanical ventilation. *Crit Care Clin* 1998;14:629-53.
42. Kavvadia V, Greenough A, Dimitriou G. Prediction extubation failure in preterm neonates. *Eur J Pediatr* 2000;159:227-31.
43. Keogh S, Courtney M, Coyer F. Weaning from ventilation in paediatric intensive care: an intervention study. *Intensive Crit Care Nurs* 2003;19:186-97.
44. 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.
45. Lago P, Piva J, Garcia PC *et al.* Analgesia e sedação em situações de emergências e unidades de tratamento intensivo. *J Pediatr (Rio J)* 2003;79:S223-S9.
46. Lee KH, Hui KP, Chan TB *et al.* Rapid shallow breathing (frequency-tidal volume ratio) did not predict extubation outcome. *Chest* 1994;105:540-3.
-

- 
47. MacIntyre NRC, Ely EW, Epstein SK *et al.* 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- 95S.
48. Martinez A, Seymour C, Nam M. Minute Ventilation Recovery Time- A Predictor of Extubation Outcome. *Chest* 2003;123:1214-21.
49. Matic I, Majeric-Kogler V. Comparison of pressure support and T-tube weaning from mechanical ventilation: randomized prospective study. *Croat Med J* 2004;45:162-6.
50. Meade MO, Guyatt G, Butler R *et al.* Trials comparing early vs late extubation following cardiovascular surgery. *Chest* 2001;120:445S-53S.
51. Noizet O, Leclerc F, Sadik A *et al.* Does taking endurance into account improve the prediction of weaning outcome in mechanically ventilated children? *Critical Care* 2005;798-807.
52. Perren A, Domenighetti G, Mauri S *et al.* Protocol-directed weaning from mechanical ventilation: clinical outcome in patients randomized for a 30-min or 120-min trial with pressure support ventilation. *Intensive Care Med* 2002;28:1058-63.
53. Piva J, Garcia PC, Amantéa S. Ventilação Mecânica em Pediatria. IN: Piva J, Celiny Garcia P. *Medicina Intensiva em Pediatria*. Rio de Janeiro: Revinter;2005. p 487-508.
-

- 
54. Ramsay MA, Savege TM, Simpson BR *et al.* Controlled sedation with alphaxalone-alphadolone. *Br Med J* 1974;2:656-9.
  55. Randolph AG, Wypij D, Venkataraman ST *et al.* Effect of mechanical ventilator weaning protocols on respiratory outcomes in infants and children: a randomized controlled trial. *JAMA* 2002;288:2601-3.
  56. Rushforth K. A randomised controlled trial of weaning from mechanical ventilation in paediatric intensive care (PIC). Methodological and practical issues. *Intensive Crit Care Nurs* 2005;21:76-86.
  57. Sasson CS, Mahutte CK. Airway occlusion pressure and breathing pattern as predictors of weaning outcome. *Am Rev Respir Dis* 1993;148:860-6.
  58. Schultz TR, Lin RJ, Watzman HM *et al.* Weaning children from mechanical ventilation: a prospective randomized trial of protocol-directed versus physician-directed weaning. *Respir Care* 2001;46:772-82.
  59. Sfoggia A, Fontela P, Moraes A *et al.* A sedação e analgesia de crianças submetidas à ventilação mecânica estariam sendo superestimadas. *J Pediatr (Rio J)* 2003;79:343-8.
  60. Szymankiewicz M, Vidyasagar D, Gadzinowski J. Predictors of successful extubation of preterm low-birth-weight infants with respiratory distress syndrome. *Pediatr Crit Care Med* 2005;6:44-9.
  61. Thiagarajan RR, Bratton SL, Martin LD *et al.* Predictors of successful extubation in children. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;160:1562-6.
-

62. Tobin MJ, Perez W, Guenther SM *et al*. The pattern of breathing during successful and unsuccessful trials of weaning from mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1986;134:1111-8.
63. Vassilakopoulos T, Routsis C, Sotiropoulou C *et al*. The combination of the load/force balance and the frequency/idal volume can predict weaning outcome. *Intensive Care Med* 2006;32:684-91.
64. Vassilakopoulos T, Zakynthinos S, Roussos C. The tension-time index and the frequency/tidal volume ratio are the major pathophysiologic determinants of weaning failure and success. *Am J Respir Crit Care Med*. 1998;158:378-85.
65. Veness-Meehan K, Richter S, Davis JM. Pulmonary function testing prior to extubation infants with respiratory distress syndrome. *Pediatr Pulmonol* 1990;9:2-6.
66. 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.
67. Wilson BJ, Becker MA, Linton ME. Spontaneous minute ventilation predicts readiness for extubation in mechanically ventilated preterm infants. *J Perinatol* 1998;18:436-9.
68. Wilson SH, Cooke NT, Edwards RH *et al*. Predicted normal values for maximal respiratory pressures in caucasian adults and children. *Thorax* 1984;39:535-8.
-

69. 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.
70. Yang KL. Reproducibility of weaning parameters. A need for standardization. *Chest* 1992;102:1829.
-

## **2 JUSTIFICATIVA**

O desmame da ventilação pulmonar mecânica (VPM) e o momento ideal para a extubação de crianças foram abordados, por muitos anos, com uma avaliação subjetiva da capacidade do paciente para manter uma ventilação espontânea adequada.

Alguns estudos<sup>1-4</sup> aplicaram protocolos objetivos de desmame em pacientes pediátricos, com a finalidade de minimizar os efeitos indesejáveis da VPM prolongada, reduzir o tempo de VPM e as complicações inerentes à reintubação. Entretanto, não encontraram diferenças entre os grupos de pacientes que foram submetidos aos protocolos quando comparados com aqueles que não foram submetidos aos protocolos de desmame do suporte ventilatório.

No que se refere aos protocolos de extubação, as características clínicas, os parâmetros da VPM, os gases sanguíneos, os exames de imagem,

---

o espaço morto fisiológico e os índices ventilatórios têm sido analisados como possíveis fatores de risco para a falha da extubação em pacientes adultos, pediátricos e neonatais.<sup>5-13</sup> O volume minuto expirado ( $V_E < 10$  l/min) e a força da musculatura inspiratória negativa ( $PiMáx < -45$ cmH<sub>2</sub>O) têm sido utilizados para auxiliar na decisão da extubação de pacientes pediátricos. Os estudos realizados com a população pediátrica geral demonstraram resultados inconclusivos,<sup>5,7,10,14-16</sup> entretanto, esta população não foi classificada por diagnóstico clínico para comparação entre os grupos falha (GF) e sucesso (GS) da extubação.

Uma das principais causas de falha no desmame da VPM e da extubação é o resultado do desequilíbrio entre a capacidade dos músculos envolvidos na mecânica ventilatória e a demanda ventilatória fornecida para estes músculos. Existem outras causas, como por exemplo, a depressão do sistema nervoso central, falha cardíaca (exemplo: pós-operatório cardíaco) e outras complicações (exemplo: infecções).<sup>5</sup> Alguns índices ventilatórios são propostos para identificar aqueles pacientes que apresentam maior probabilidade de ter sucesso ou falha da extubação. Dentre estes índices, estão o índice de respiração rápida superficial (IRS),<sup>10</sup> a força muscular inspiratória ( $PiMáx$ ) e expiratória ( $PeMáx$ )<sup>17</sup> e a relação carga/força (RCF).<sup>18</sup>

Neste estudo, são avaliados os fatores de risco para a falha da extubação de acordo com o diagnóstico clínico da criança. Após a análise dos fatores risco para falha da extubação, de acordo com o diagnóstico clínico, acredita-se ser possível fornecer critérios para a extubação em pediatria. Com a

---

análise da amostra por diagnóstico clínico poderá ser possível identificar fatores de risco relacionados às características gerais, parâmetros da VPM, gases sanguíneos e índices ventilatórios para a falha da extubação em pediatria.

### **CARACTERÍSTICAS GERAIS**

Dentre as características gerais relacionadas com a falha da extubação em pediatria estão: uma idade menor [mediana  $IQ_{25\%-75\%}$  : 8 (0 -12) meses]; um maior tempo de VPM (média  $\pm$  desvio padrão:  $10 \pm 2$  dias); a presença de estridor laríngeo, apnéia, hipoxemia e a queda do nível de consciência após a extubação; o aumento do trabalho ventilatório (*work of breathing*-WOB) de origem no sistema cardíaco (exemplo: cardiopatia congênita cianótica) ou no sistema respiratório (exemplo: infecções, obstrução alta, alterações da complacência pulmonar).<sup>5,12,19</sup>

Em um estudo transversal<sup>10</sup> com 54 crianças submetidas a VPM, acompanhadas até o momento da extubação, identificaram as características gerais mais freqüentemente relacionadas com a falha da extubação em pediatria: fadência ventilatória (fadiga da musculatura ventilatória), edema pulmonar (de origem cardíaca), obstrução brônquica (por broncoespasmo) e obstrução alta (em 4% dos casos). Não houve diferença estatística significativa entre o GS e GF da extubação para as variáveis: idade, sexo, peso, tempo de VPM e diâmetro do tubo traqueal utilizado.

Alguns estudos pediátricos<sup>15,20-22</sup> analisaram as características gerais (idade, sexo, peso, escore de risco de mortalidade, escore de sedação, escore de consciência, diagnóstico clínico, motivo da intubação, motivo de falha da extubação) de pacientes pediátricos em processo de desmame da VPM e extubação. Entretanto, mesmo com diferença significativa, em algumas dessas características gerais, entre o GS e GF da extubação, estes estudos não discutiram a relação dessas características com a falha da extubação. Uma hipótese pode ser a atenção voltada, desses estudos, estritamente para encontrar índices ventilatórios preditivos de extubação.

No estudo de Bouso A *et al*, 2006<sup>23</sup> realizado em uma unidade de cuidados intensivos brasileira, com 86 crianças em processo de desmame da VPM e extubação, foram analisadas as características gerais (idade, sexo, diagnóstico clínico, índice de risco de mortalidade em pediatria- PRISM<sup>24</sup> e tempo de VPM). Entretanto, não foram encontradas diferenças estatísticas entre o GS e GF da extubação, e a amostra não foi analisada de acordo com o diagnóstico clínico.

Venkatamaram ST *et al*, 2000<sup>12</sup> analisaram algumas características gerais (idade, sexo, peso, PRISM<sup>24</sup>, motivo da intubação e da falha na extubação) em 312 crianças extubadas, mas não encontraram diferenças significativas entre o GF e GS da extubação. Baisch SD *et al*, 2005<sup>25</sup> no estudo longitudinal, analisaram, no período de cinco anos, 3.193 pacientes pediátricos que evoluíram para a extubação. A falha da extubação foi considerada quando houve necessidade de reintubação em 48hs após a extubação. Os autores

---

subdividiram a amostra em pacientes com diagnóstico geral, com doenças neurológicas e em pós-operatório cardíaco. Entretanto, os resultados encontrados neste estudo não podem ser aplicados na população pediátrica, pois apenas 4.1% (130/3.193) da amostra apresentou falha da extubação, o que estatisticamente<sup>26</sup> impossibilita a comparação entre o GF e GS da extubação.

Neste estudo, pretendemos avaliar a diferença entre as características gerais (exemplo: sexo, idade, peso, diagnóstico clínico, escore de sedação, entre outros), como fatores de risco para a falha da extubação da nossa amostra de pacientes pediátricos, de acordo com o diagnóstico clínico.

### **VENTILAÇÃO PULMONAR MECÂNICA, VARIÁVEIS VENTILATÓRIAS, GASOMETRIA ARTERIAL**

A falha da extubação pode estar associada ao modo ventilatório utilizado, assim como ao tempo de uso da VPM e aos parâmetros utilizados para o suporte ventilatório da criança. O uso da VPM, por tempo superior a sete dias, aumenta o risco de falha da extubação, pois o uso prolongado de suporte ventilatório aumenta a probabilidade de ocorrência das complicações inerentes à intubação traqueal (exemplo: obstrução alta) e ao uso de VPM (exemplo: pneumonias nosocomiais e perda da força muscular ventilatória).<sup>27</sup>

---

Através da análise dos parâmetros da VPM, utilizados antes da extubação para manter a ventilação adequada da criança, é possível avaliar se ela está ou não apta para a extubação. Geralmente, antes da extubação de pacientes pediátricos, os parâmetros da VPM são reduzidos para estimular a ventilação espontânea e para avaliar se eles apresentam condições de ventilar espontaneamente.<sup>28</sup>

Alguns estudos,<sup>5,7,29</sup> com pacientes pediátricos, avaliaram os parâmetros da VPM utilizados antes da extubação, embora não apresentaram os pontos de corte para estes parâmetros como fatores de risco para a falha da extubação. Khan N *et al* 1996<sup>7</sup> avaliaram 208 pacientes pediátricos gerais submetidos à VPM e extubados. Identificaram os seguintes fatores relacionados com a falha da extubação: a) volume corrente (VC) menor do que o valor normal para a idade e o peso, resultando no aumento do WOB, o que ocasionou fadiga da musculatura ventilatória. b) aumento na oferta de carga para os músculos ventilatórios, decorrente do uso de elevado pico de pressão inspiratória (PIP) e da complacência dinâmica baixa durante a VPM. c) baixo fluxo inspiratório, decorrente da redução da condução ventilatória (baixo *drive* respiratório). Por outro lado, identificaram que a utilização de uma menor fração inspirada de oxigênio ( $FiO_2 > 0.40\%$ ), um VC próximo do normal em ventilação espontânea, um baixo índice de oxigenação [ $IO (FiO_2/PaO_2) > 4.5$ ] mensurado imediatamente antes da extubação, uma alta complacência dinâmica ( $C_{din}$ ) e um fluxo inspiratório elevado estão relacionados com o sucesso da extubação em pediatria.

---

Edmunds S *et al* 2001<sup>5</sup> analisaram 548 pacientes pediátricos, com diagnóstico clínico de diferentes etiologias, antes da extubação. A falha da extubação foi de 5% neste estudo, o que estatisticamente,<sup>26</sup> impede a comparação entre o GS e GF da extubação. Também identificaram que a falha da extubação ocorreu em crianças mais jovens. Entretanto, assim como Khan N *et al* 1996,<sup>7</sup> não demonstraram nos resultados a avaliação dos gases sanguíneos antes da extubação da amostra. Venkatamaram ST *et al* 2000<sup>12</sup> no estudo transversal prospectivo, com 312 crianças extubadas, identificaram algumas variáveis da VPM que indicaram um maior risco para a falha da extubação: VC espontâneo  $\leq 3.5$  ml/Kg ( $P= 0.01$ );  $FiO_2 > 0.40\%$  ( $P= 0.01$ ); pressão média nas vias aéreas [MAP  $> 8.5$  cmH<sub>2</sub>O ( $P= 0.01$ )] calculada imediatamente antes da extubação; IO  $\geq 4.5$  ( $P= 0.01$ ); PIP  $\geq 30$  cmH<sub>2</sub>O ( $P \leq 0.001$ ). Também analisaram as variáveis da gasometria arterial, não encontrando relação com a falha da extubação. Manczur TI *et al*, 2000<sup>30</sup> encontraram resultados semelhantes com uma amostra de 47 crianças.

Nos resultados preliminares do nosso estudo piloto, no ano de 2004,<sup>31</sup> com uma amostra de 28 crianças em processo de desmame da VPM e de extubação [falha de extubação em 14% da amostra (4/28)], não encontramos diferenças significativas na análise dos parâmetros da VPM, mensurados uma hora antes da extubação. Entretanto, em 2005,<sup>32</sup> com uma amostra de 47 crianças com diagnóstico de bronquiolite aguda [falha da extubação em 19% (9/47)], encontramos diferença estatística na PIP ( $27 \pm 6$  versus  $21 \pm 7$ ;  $P= 0.008$ ) quando comparada a média  $\pm$  desvio padrão do GS com o GF da extubação.

---

No estudo de Fontela SP *et al*, 2005<sup>33</sup> realizado no nosso serviço de cuidados intensivos pediátricos, com 124 crianças extubadas [falha de extubação em 10% (13/124)], encontrou-se um maior risco de falha da extubação nas crianças com mediana do IO > 5 (razão de chance = 6.4; intervalo de confiança de 95% - IC 1.3-31); MAP < 5 cmH<sub>2</sub>O (razão de chance = 6; IC 1.5–25) calculada 24hs antes da extubação; FiO<sub>2</sub> > 0.40% após a extubação (razão de chance = 3.6; IC 1.2–11). Embora estes resultados apresentaram um intervalo de confiança muito grande.

Alguns estudos<sup>4,7,34-38,17</sup> foram realizados em neonatologia avaliando o processo de desmame da VPM e extubação. Szymankiewicz M *et al* 2005<sup>4</sup> no estudo prospectivo, analisaram a mecânica ventilatória de 51 neonatos (peso de nascimento 1.159g ± 151g; idade gestacional 29 ± 2.0 semanas). Identificaram que uma baixa resistência das vias aéreas ( $R_{VA} \leq 176$  cmH<sub>2</sub>O//seg), um menor WOB, uma alta complacência dinâmica ( $C_{Din} \geq 1$  ml/cmH<sub>2</sub>O/Kg), um alto volume minuto ( $V_E > 309$  ml/Kg/min ) e volume corrente ( $VC > 6$ ml/Kg) estão associados com o sucesso da extubação.

Neste estudo será analisada a relação da falha da extubação com os parâmetros da VPM, com os gases sanguíneos e com outras variáveis ventilatórias (MAP, IO), visto que poucos estudos<sup>12,30,33</sup> avaliaram estas variáveis como possíveis fatores de risco para a falha da extubação em pediatria.

## **ÍNDICES VENTILATÓRIOS**

### *ÍNDICE DE RESPIRAÇÃO RÁPIDA SUPERFICIAL*

O IRS é a razão da frequência respiratória (FR) pelo VC, ajustado pelo peso em Kg, para a população pediátrica.<sup>10,21</sup> Durante a respiração espontânea a relação FR/VC pode ser alterada (aumentar ou diminuir), de acordo com o aumento ou com a diminuição da resistência da musculatura ventilatória (RMV). Alterações da RMV podem ser decorrentes do desequilíbrio da mecânica ventilatória, do tempo prolongado em VPM, do uso prolongado de determinadas drogas (exemplo: corticoesteróides), de doenças crônicas (exemplo: doença pulmonar obstrutiva crônica), de doenças agudas (exemplo: doenças infecciosas), após cirurgia de tórax e de abdome, e após sedação excessiva.<sup>13,16,39</sup>

A avaliação da RMV foi amplamente analisada na população adulta utilizando-se a relação FR/VC, proposta inicialmente por Tobin MJ *et al* 1986.<sup>40</sup> Os estudos com pacientes adultos demonstraram uma excelente sensibilidade e moderada especificidade na capacidade desta relação para predizer a falha da extubação.<sup>16,40,41</sup> A especificidade encontrada para pacientes no pós-operatório (cirurgia cardíaca e abdominal) foi semelhante a dos pacientes clínicos.<sup>40,42</sup> A utilização dos pontos de corte, do IRS, em 100 FR/L/min para extubação com precaução, em 70 FR/L/min para sucesso da extubação, e

---

maior ou igual a 120 FR/L/min para falha da extubação, têm sido utilizados como índice preditivo de extubação para pacientes adultos submetidos a VPM. A mensuração da RMV auxilia nas decisões de desmame e extubação da VPM.<sup>40</sup>

Nos estudos realizados com pacientes pediátricos<sup>5,7,14,15,20-22,29,30,32,33,43,44</sup> o IRS não foi considerado um índice capaz de prever a falha da extubação de crianças submetidas a VPM, mesmo depois de ajustado para o peso. As características do sistema ventilatório da criança, como uma FR mais elevada, um menor  $V_E$ , o diagnóstico clínico e o método correto de aplicação do teste podem ser hipóteses para explicar a moderada sensibilidade e a baixa especificidade do IRS em pediatria. Entretanto, nenhum estudo analisando estas hipóteses foi realizado em pediatria e neonatologia.

Nos resultados preliminares do nosso estudo piloto, no ano de 2004,<sup>31</sup> com uma amostra geral de 28 crianças (pós-operatório cardíaco, doença neurológica e doença respiratória), em processo de extubação [falha de extubação em 14% da amostra (4/28)] encontramos diferenças significativas na análise do IRS comparando a média  $\pm$  desvio padrão (dp) do GS com o GF da extubação (IRS  $11 \pm 8$  versus  $14 \pm 13$ ;  $P = 0.05$ ), entretanto, o dp foi muito grande. Em 2005,<sup>32</sup> com uma amostra de 47 crianças com bronquiolite aguda [falha da extubação em 19% (9/47)], também encontramos diferença estatística quando comparada a média  $\pm$  dp entre o GS e GF da extubação (IRS  $11 \pm 7$  versus  $17 \pm 5$ ;  $P = 0.016$ ).

---

Neste estudo, o IRS será avaliado como preditor de falha da extubação numa amostra de pacientes pediátricos, de acordo com o diagnóstico clínico.

### *FORÇA DA MUSCULATURA VENTILATÓRIA*

A pressão inspiratória máxima (PiMáx) e a pressão expiratória máxima (PeMáx) refletem, respectivamente, a força da musculatura ventilatória inspiratória e a força da musculatura ventilatória expiratória.<sup>17,30,45-54</sup>

A evolução clínica da doença pulmonar é influenciada pela inflamação aguda e/ou crônica das vias aéreas e pelas infecções nosocomiais, às quais ficam predispostas as crianças em VPM. Essas infecções predispoem ao aprisionamento gás e modificam a complacência do sistema ventilatório, com aumento do trabalho ventilatório (*work of breathing- WOB*) e diminuição da força dos músculos inspiratórios.<sup>55</sup>

O ponto de corte preditivo de sucesso da extubação da PiMáx varia entre  $\leq -45$  cmH<sub>2</sub>O<sup>15,20-22</sup> e  $\leq -50$  cmH<sub>2</sub>O<sup>10</sup> em pediatria. No estudo de Noizet O *et al* 2005,<sup>10</sup> com uma amostra geral de 54 crianças submetidas a VPM (sucesso:falha extubação de 45:12) encontrou-se uma boa acurácia e intervalo de confiança 0.56 (0.35–0.77) para o ponto de corte da PiMáx  $\leq -50$  cmH<sub>2</sub>O como preditor de sucesso da extubação em pediatria. Em neonatologia, Szymankiewicz M *et al* 2005,<sup>4</sup> com uma amostra geral de 51 neonatos encontraram o ponto de corte para a PiMáx  $\leq -20$  cmH<sub>2</sub>O nos pacientes que

apresentaram sucesso da extubação, entretanto sem significância estatística. Em pacientes adultos, foram encontrados pontos de corte distintos para a PiMáx, de acordo com o diagnóstico clínico (pacientes traqueostomizados,<sup>53</sup> com doença pulmonar obstrutiva crônica,<sup>56,57</sup> com doença cardíaca,<sup>58,59</sup> com miastenia grave e com síndrome de Guillain-Barré<sup>60</sup>).

Em neonatologia<sup>4,17,35</sup> e em pediatria<sup>15, 20-22,43</sup> o ponto de corte da PiMáx foi estudado apenas com amostras de pacientes gerais,mas demonstrando que a PiMáx pode ser utilizada como um preditor de sucesso ou de falha da extubação. Entretanto, em neonatologia e em pediatria, estes pontos de corte não foram estudados de acordo com o diagnóstico clínico da criança.

A mensuração da PeMáx também é importante, pois com a força da musculatura expiratória é possível estimar a eficácia da tosse e a eficiência na desobstrução das vias aéreas.<sup>61</sup> A PeMáx não foi mensurada nos estudos pediátricos que analisam o desmame da VPM e a extubação.<sup>15,20-22,43</sup> Pouco valor tem-se dado a esta informação, talvez por desconhecimento da importância que a PeMáx fornece para se estimar a capacidade de defesa da via aérea e de exalação.

Neste estudo, serão avaliados os pontos de corte da PiMáx e da PeMáx por diagnóstico clínico como preditores de falha da extubação em pediatria.

## RELAÇÃO CARGA/FORÇA

A relação entre a carga imposta ao sistema ventilatório e a capacidade da musculatura ventilatória de vencer esta carga, para manter a ventilação espontânea, geralmente está relacionada com o sucesso ou falha do desmame da VPM e da extubação. A combinação do IRS, da pressão média das vias aéreas ( $MAP = \{(PIP - PEEP) \times [Ti / (Te + Ti)]\} + PEEP$ ) e da  $PiMáx$  na equação, ou seja, a relação carga/força [ $RFC = 15 \times [(3 \times MAP) / PiMáx] + 0.03 \times IRS - 5$ ] foi proposta por Vassilakopoulos T *et al* em 2006,<sup>18</sup> para pacientes adultos em processo de desmame da VPM e de extubação.

Nesta equação, com a MAP é possível estimar a carga que está sendo imposta ao sistema ventilatório da criança, com a  $PiMáx$  estimar a força da musculatura inspiratória e com o IRS estimar a resistência desta musculatura. A  $RFC \leq 1$  é preditora de sucesso da extubação de pacientes adultos<sup>18</sup>. Em neonatologia e em pediatria, a RFC não foi estudada até então.

Este estudo avalia pela primeira vez, em pacientes pediátricos, a RFC como um índice preditivo de extubação. Serão demonstrados também os pontos de corte desta relação por diagnóstico clínico.

**REFERÊNCIAS**

1. Hughes MR, Smith CD, Tecklenburg FW *et al.* Effects of a weaning protocol on ventilated pediatric intensive care unit (PICU) patients. *Top Health Inf Manage* 2001;22:35-43.
  2. Keogh S, Courtney M, Coyer F. Weaning from ventilation in paediatric intensive care: an intervention study. *Intensive Crit Care Nurs* 2003;19:186-97.
  3. Randolph AG, Wypij D, Venkataraman ST *et al.* Effect of mechanical ventilator weaning protocols on respiratory outcomes in infants and children: a randomized controlled trial. *JAMA* 2002;288:2601-3.
  4. Szymankiewicz M, Vidyasagar D, Gadzinowski J. Predictors of successful extubation of preterm low-birth-weight infants with respiratory distress syndrome. *Pediatr Crit Care Med* 2005;6:44-9.
  5. Edmunds S, Weiss I, Harrison R. Extubation failure in a large pediatric ICU population. *Chest J* 2001;119:897-900.
  6. Hubble CL, Gentile MA, Tripp DS *et al.* Deadspace to tidal volume ratio predicts successful extubation in infants and children. *Crit Care Med* 2000;28:2034-40.
  7. Khan N, Brown A, Venkataraman S. Predictors of extubation success and failure in mechanically ventilated infants and children. *Pediatric Crit Care* 1996;24:1568-79.
-

8. Mulreany LT, Weiner DJ, McDonough JM *et al.* Noninvasive measurement of the tension-time index in children with neuromuscular disease. *J Appl Physiol* 2003;95:931-7.
  9. Noizet O, Leclerc F, Riou Y *et al.* Weaning from mechanical ventilation in children (except neonates). *Reanim* 2004;13:21-8.
  10. Noizet O, Leclerc F, Sadik A *et al.* Does taking endurance into account improve the prediction of weaning outcome in mechanically ventilated children? *Critical Care* 2005;9:798-807.
  11. Szymankiewicz M, Vidyasagar D, Gadzinowski J. Predictors of successful extubation of preterm low-birth-weight infants with respiratory distress syndrome. *Pediatr Crit Care Med* 2005;6:44-9.
  12. Venkataraman S, Khan N, Brown A. Validation of predictors of extubation success and failure in mechanically ventilated infants and children. *Crit Car Med* 2000;28;2991-6.
  13. 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.
  14. Baumeister BL, El-Khatib M, Smith PG *et al.* Evaluation of predictors of weaning from mechanical ventilation in pediatric patients. *Pediatr Pulmonol* 1997;24:344-52.
  15. Farias JA, Alia I, Esteban A *et al.* Weaning from mechanical ventilation in pediatric intensive care patients. *Intensive Care Med* 1998;24:1070-5.
-

16. Martinez A, Seymour C, Nam M. Minute Ventilation Recovery Time- A Predictor of Extubation Outcome. *Chest* 2003;123:1214-21.
  17. El-Katib MF, Baumeister B, Smith PG *et al.* Inspiratory pressure/maximal inspiratory pressure: does it predict successful extubation in critically ill infants and children? *Intensive Care Med* 1996; 22:264-8.
  18. Vassilakopoulos T, Routsis C, Sotiropoulou C *et al.* The combination of the load/force balance and the frequency/idal volume can predict weaning outcome. *Intensive Care Med* 2006;32:684-91.
  19. Thiagarajan RR, Bratton SL, Martin LD *et al.* Predictors of successful extubation in children. *Am J Respir Care Med* 1999:1562-6.
  20. Farias JA, Frutos F, Esteban A *et al.* What is the daily practice of mechanical ventilation in pediatric intensive care units? A multicenter study. *Intensive Care Med* 2004;30:918-25.
  21. Farias JA, Retta A, Alia I *et al.* A comparason of two methods to perform a breathing trial before extubation in pediatric intensive care patients. *Intensive Care Med* 2001,27:1649-54.
  22. Farias JA, Retta A, Alia I *et al.* An avaluation of extubation failure predictors in mechanically ventilated infants and children. *Intensive Care Med* 2002;28:752-7.
  23. Bousso A, Ejzenberg B, Ventura AM *et al.* Evaluation of the dead space to tidal volume ratio as a predictor of successful extubation. *J Pediatr (Rio J)* 2006;82:347-53.
-

- 
24. Thukral A, Lodha R, Irshad M *et al.* Performance of Pediatric Risk of Mortality (PRISM), Pediatric Index of Mortality (PIM), and PIM2 in a pediatric intensive care unit in a developing country. *Pediatr Crit Care Med* 2006;7:356-61.
  25. Baisch SD, Wheeler WB, Kurachek SC *et al.* Extubation failure in pediatric intensive care incidence and outcomes. *Pediatr Crit Care Med* 2005;6:312-8.
  26. Hulley SB, Cummings SR, Browner WS *et al.* Delineando a Pesquisa Clínica: uma abordagem epidemiológica. 2ªed. Porto Alegre: Artmed, 2003.
  27. Martha VF, Bruno F, Einloft PR *et al.* Falha na extubação de crianças em ventilação mecânica. *Rev Med PUCRS* 1999; 9;74-8.
  28. Carvalho WB, Hirschheimer MR, Proença Filho JO *et al.* Ventilação Pulmonar Mecânica em Pediatria e Neonatologia. 2ª ed. Editora Atheneu: São Paulo, 2005.
  29. Kurachek SC, Newth CJ, Quasney MW *et al.* Extubation failure in pediatric intensive care: a multiple-center study of risk factors and outcomes. *Crit Care Med* 2003;31:2657-64.
  30. Manczur TI, Greenough A, Pryor D *et al.* Assessment of respiratory drive and muscle function in the pediatric intensive care unit and prediction of extubation failure. *Pediatr Crit Care Med* 2000;1:124-6.
  31. Calvão RM, Johnston C, Piva JP. Acurácia do índice de Tobin na extubação de crianças. [Abstract] *Scientia Médica* 2004;14:124.
-

- 
32. Rodrigues AR, Johnston C, Piva JP *et al.* Fatores associados a falha de extubação em bronquiolite. [Abstract] *Scientia Médica* 2005;15:35.
  33. Fontela PS, Piva JP, Garcia PC *et al.* Risk factors for extubation failure in mechanically ventilated pediatric patients. *Pediatr Crit Care Med* 2005;6:166–70.
  34. Balsan MJ, Jones JG, Watchko JF *et al.* Measurements of pulmonary mechanics prior to the elective extubation of neonates. *Pediatric Pulmonology* 1990;9:238–43.
  35. Dimitriou G, Greenough A, Endo A *et al.* Prediction of extubation failure in preterm infants. *Arch Dis Child* 2002;86:32-5.
  36. Dimitriou G, Greenough A, Laubscher B. Lung volume measurements immediately after extubation by prediction of ‘Extubation Failure’ in premature infants. *Paediatric Pulmonology* 1996;21:250–4.
  37. Veness-Meehan KA, Richter S, Davis JM. Pulmonary uncton testing prior to extubation in infants with respiratory distress syndrome. *Paediatric Pulmonology* 1990;9:2–6.
  38. Wilson BJ Jr, Becker MA, Linton ME *et al.* Spontaneous minute ventilation predicts readiness for extubation in mechanically ventilated preterm infants. *J Perinatol* 1998;18:436–9.
  39. Epstein SK. Etiology of extubation failure and the predictive value of the rapid shallow breathing. *Pediatr Crit Care* 2000;1:28-32.
-

- 
40. Tobin MJ, Perez W, Guenther SM *et al.* The pattern of breathing during successful and unsuccessful trials of weaning from mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1986;134:1111-8.
  41. Lee KH, Hui KP, Chan TB *et al.* Rapid shallow breathing (frequency-tidal volume ratio) did not predict extubation outcome. *Chest* 1994;105:540-3.
  42. Chatila W, Jacob B, Guaglianone D *et al.* The unassisted respiratory rate-tidal volume ratio accurately predicts weaning outcome. *Am J Med* 1999;101:61-7.
  43. Farias JA, Monteverde E. We need to predict extubation failure. *J Ped (Rio J)* 2006; 82:322-4.
  44. Randolph AG, Wypij D, Venkataraman ST *et al.* Effect of mechanical ventilator weaning protocols on respiratory outcomes in infants and children: a randomized controlled trial. *JAMA* 2002;288:2601-3.
  45. ATS/ERS statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166: 518–624.
  46. Badr C, Elkins MR, Ellis ER. The effect of body position on maximal expiratory pressures and flow. *Aust J Physiother* 2002; 48: 95–102.
  47. Bruton A. A pilot study to investigate any relationship between sustained maximal inspiratory pressure and extubation outcome. *Heart Lung* 2002; 31:141–9.
  48. Caruso P, Friedrich C, Denari S. The unidirectional valve is the best method to determine maximal inspiratory pressure during weaning. *Chest* 1999;115:1096–101.
-

- 
49. Ely EW, Meade O, Haponik EF *et al.* Mechanical ventilator weaning protocols driven by nonphysician health-care professionals: evidence-based clinical practice guidelines. *Chest* 2001;454S-3S.
  50. Marini JJ, Smith TC, Lamb V. Estimation of pressure muscle strength in mechanically ventilated patients: the measurement of maximal inspiratory pressure. *J Crit Care* 1986;1:32–8.
  51. Maróstica PJC, Johnston C, Hommerding PX. Fibrose Cística. In: Carvalho WB, Miyoshi MH. *Fisioterapia Pediátrica e Neonatal*. 1ª ed. Editora Artmed: Porto Alegre; 2007.
  52. Sprague SS, Hopkins PD. Use of pressure strength training to wean six patients who were ventilator-dependent. *Phys Ther* 2003;83:171–81.
  53. Vitacca M, Paneroni M, Bianchi L. Maximal inspiratory and expiratory pressure measurement in tracheotomised patients. *Eur Respir J* 2006;27:343–9.
  54. Wilson SH, Cooke NT, Edwards RH *et al.* Predicted normal values for maximal respiratory pressures in caucasian adults and children. *Thorax* 1984;39:535-8.
  55. Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis* 1969;99(5):696-702.
  56. Begin P, Grassino A. Inspiratory muscle dysfunction and chronic hypercapnia in COPD. *Am Rev Respir Dis* 1991;143:905–12.
-

57. Decramer M, Stas KJ. Corticosteroids induced myopathy involving respiratory muscles in patients with chronic obstructive pulmonary disease and asthma. *A Rev Respir Dis* 1992;146:800–2.
58. Lavietes MH, Gerual CM, Fless KG *et al.* Inspiratory muscle weakness in diastolic dysfunction. *Chest* 2004;126: 838–44.
59. Meyer FJ, Lossnitzer D, Kristen AV *et al.* Respiratory muscle dysfunction in idiopathic pulmonary arterial hypertension. *Eur Resp J* 2005;25:125–30.
60. Cheng BC, Chang WN, Chang CS *et al.* Predictive factors and long-term outcome of respiratory failure after Guillain-Barre syndrome. *Am J Med Sci* 2004;327:336-40.
61. Chatwin M, Ross E, Hart N *et al.* Cough augmentation with mechanical insufflation/exsufflation in patients with neuromuscular weakness. *Eur Respir J* 2003; 21: 502–8.
-

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar a capacidade preditiva de variáveis clínicas, demográficas e alguns testes que avaliam a capacidade ventilatória para definir falha ou sucesso da extubação em uma população pediátrica submetida a ventilação pulmonar mecânica (VPM) por diferentes etiologias.

### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Verificar se as características clínicas/demográficas por diagnóstico clínico, são fatores de risco para a falha da extubação de pacientes pediátricos em VPM.
-

2. Analisar se os parâmetros utilizados na VPM uma hora antes da retirada do tubo traqueal podem determinar a falha ou o sucesso da extubação em pacientes pediátricos classificados por diagnóstico clínico.
  3. Verificar se os dados obtidos na gasometria arterial, realizada uma hora antes da extubação, de pacientes pediátricos submetidos à VPM, classificados por diagnóstico clínico, tem capacidade preditiva de falha ou sucesso da extubação.
  4. Identificar os pontos de corte com melhor sensibilidade e especificidade do índice de respiração rápida superficial (IRS), da força muscular inspiratória (PiMáx) e expiratória (PeMáx), e da relação/carga força para predizer falha ou sucesso da extubação em pacientes pediátricos submetidos à VPM, com diferentes etiologias.
-

---

## **CAPÍTULO II**

---

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Delineamento do estudo: Estudo observacional do tipo transversal.<sup>1</sup>

Os estudos observacionais podem ser subdivididos em estudos transversais ou estudos caso-controle. Os transversais são semelhantes aos estudos de *coorte*, entretanto, nos transversais todas as mensurações são realizadas em um só momento. Com este tipo de estudo é possível identificar a prevalência de uma variável sobre um desfecho e identificar as características demográficas, naquele determinado momento [por exemplo: idade, tempo de uso de sedação, tempo de uso de ventilação pulmonar mecânica (VPM)], de uma determinada população. A prevalência é uma estatística descritiva importante que pode ser obtida no delineamento transversal, ela pode representar uma proporção da população com um desfecho que recebe e/ou recebeu interferência de outra variável mensurada em um único momento

---

(exemplo: nº de crianças extubadas em um determinado momento / nº de crianças com risco de falha da extubação naquele momento).<sup>1</sup>

Com os dados coletados de um estudo transversal é possível examinar associações (exemplo: causa-efeito; alto índice de oxigenação-falha de extubação), as variáveis preditoras (exemplos: sexo, índices ventilatórios) e de desfecho (exemplo: falha da extubação) são baseadas nas hipóteses do investigador. Este tipo de delineamento da pesquisa torna o estudo de execução rápida e de baixo custo. Os resultados podem definir as características demográficas (exemplos: sexo, idade, peso) e clínicas (exemplos: tipo de doença, gases sanguíneos) do grupo em estudo e podem revelar associações interessantes [exemplos: risco relativo, razão de chance (*odds ratio*)]. O delineamento transversal é o único que fornece a prevalência descritiva de uma doença [exemplo: bronquiolite aguda (BA)] ou um fator de risco (VPM prolongada) e a prevalência relativa (razão de prevalência). Entretanto, este delineamento não permite estabelecer o prognóstico do fator em estudo.<sup>2</sup>

#### **4.2 Local onde foi executado o estudo**

Este estudo foi realizado na Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica (UTIP) do Hospital São Lucas (HSL) da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). O HSL é um hospital escola de referência nacional e

---

internacional. A UTIP apresenta doze leitos e recebe aproximadamente 500 pacientes/ano com idade que varia entre 30 dias e 15 anos, incluindo pacientes clínicos (doenças respiratórias e metabólicas) e cirúrgicos (cirurgia gástrica, ortopédica, neurológica, cardíaca e transplante renal).<sup>3,4</sup>

### **4.3 Pacientes**

Foram incluídos todos os pacientes pediátricos considerados aptos para a extubação, definido pelos médicos de plantão da referida UTIP no momento da extubação, no período entre março de 2004 a agosto de 2006 (Apêndice 2 - Cronograma do Estudo).

#### **4.3.1 Critérios de exclusão**

Foram excluídos deste estudo os pacientes pediátricos: traqueostomizados; que foram extubados no turno da noite, pois a pesquisadora principal não estava presente neste turno para efetuar as aferições; cujos responsáveis legais não assinaram o Termo de Consentimento Informado (TCI) (Apêndice 1 - Termo de Consentimento Informado); que foram à óbito antes da extubação; que apresentaram extubação acidental; cuja pesquisadora principal não estava no momento da extubação (perdas).

---

### 4.3.2 Equipamentos utilizados durante o estudo

*Aparelhos de VPM:* durante o período do estudo, foram utilizados três modelos de aparelhos de VPM para fornecer o suporte ventilatório à amostra: Servo 300<sup>®</sup> da marca Siemens, Sechrist IV<sup>®</sup> 100B e Sechrist IV 200<sup>®</sup> disponíveis na referida UTIP. Nos quais as crianças foram ventiladas nos modos ventilatórios: ventilação mandatória intermitente (IMV), ventilação mandatória intermitente sincronizada (SIMV) ou em pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP) antes da extubação.

*Aparelho para mensurar a força da musculatura ventilatória:* para mensurar a força muscular ventilatória inspiratória (PiMáx) e expiratória (PeMáx) foi utilizado um manovacuômetro analógico marca WIKA<sup>®</sup> (Figura 1 - Manovacuômetro WIKA<sup>®</sup>).



**Figura 1-** Manovacuômetro analógico WIKA<sup>®</sup> .

*Aparelho para mensurar o volume minuto expirado ( $V_E$ ):* para mensurar o  $V_E$ , a partir do qual calculou-se o índice de respiração rápida superficial (IRS), utilizou-se um ventilômetro analógico marca Chamedá<sup>®</sup> (Figura 2 - Ventilômetro Chamedá<sup>®</sup>).



**Figura 2–** Ventilômetro analógico Chamedá<sup>®</sup>.

#### **4.3.3 Protocolo de Desmame e Extubação**

Nesta UTIP não é utilizado nenhum tipo de protocolo de desmame ou de extubação até o momento. A decisão para iniciar o desmame e a extubação, até a execução deste estudo, era baseada na resolução da doença de base e do motivo que levou a criança à insuficiência ventilatória, na estabilidade hemodinâmica, no estado de consciência/alerta do paciente, e em alguns parâmetros da VPM [ $FiO_2 \leq 0.40\%$ , pressão de pico inspiratório (PIP)  $\leq$

25cmH<sub>2</sub>O, pressão positiva expiratória (PEEP) ≤ 5cmH<sub>2</sub>O e frequência respiratória (FR) ≤ 8 ciclos por minuto].<sup>4</sup>

A decisão de reintubação, até a execução deste estudo, era baseada nos seguintes parâmetros clínicos da criança após a extubação: apnéia ou bradipnéia, alterações ventilatória importantes (taquipnéia, tiragens e retrações torácicas) e/ou inadequada saturação arterial de oxigênio (SaO<sub>2</sub>) com uma FiO<sub>2</sub> ≥ 0.50% associada com desconforto ventilatório. É considerada falha da extubação quando 48hs após a mesma é necessário a reintubação da criança.<sup>4</sup>

#### **4.4 AFERIÇÕES**

##### **4.4.1 Características gerais**

As características gerais (sexo, idade, peso, diagnóstico clínico, motivo da falha da extubação) foram coletas do prontuário de cada criança pela pesquisadora principal.

O escore de coma de Glasgow (Anexo 1 - Escore de Glasgow)<sup>5</sup> e a escala de Ramsay (Anexo 2 - Escala de Ramsay)<sup>6</sup> foram mensurados antes da extubação pela fisioterapeuta da UTIP. O escore de risco de mortalidade em pediatria (PRISM)<sup>7</sup> foi calculado pelo médico residente, com os dados de chegada de cada criança nesta unidade.

---

#### **4.4.2 Parâmetros da Ventilação Pulmonar Mecânica, Sinais Vitais e Gasometria Arterial**

O índice de oxigenação  $[IO = (FiO_2 \times MAP/PaO_2) \times 100]^4$  e a pressão média das vias aéreas  $[MAP = \{(PIP - PEEP) \times [Ti/(Te+Ti)]\} + PEEP]^4$  foram calculados a partir dos dados do monitor do aparelho de VPM, coletados uma hora antes da extubação pela pesquisadora principal.

Os parâmetros da VPM [PIP, PEEP,  $FiO_2$ , FR, tempo inspiratório (T<sub>insp</sub>) e tempo expiratório (T<sub>exp</sub>)] do monitor do aparelho de VPM, foram coletados uma hora antes da extubação pela pesquisadora principal. Os gases sanguíneos [pH, bicarbonato ( $HCO_3^-$ ), pressão parcial de gás carbônico ( $PaCO_2$ ) e pressão parcial de oxigênio ( $PaO_2$ )] foram coletados uma hora antes da extubação.

Os sinais vitais [FR, frequência cardíaca (FC) e  $SaO_2$ ] foram coletados do monitor à beira do leito de cada criança, uma hora antes e uma hora após a extubação, pela pesquisadora principal. Estes sinais foram coletados após uma hora da extubação até 48hs após a mesma pelo médico residente ou pela fisioterapeuta de plantão, entretanto, estes dados não serão analisados neste estudo.

#### **4.4.3 Mensuração do IRS**

Após os pacientes serem considerados aptos para a extubação, segundo a equipe de médicos intensivistas da UTIP, foi mensurado imediatamente antes da extubação, pela pesquisadora principal, o  $V_E$  e calculado o IRS. O IRS é a razão da FR pelo volume corrente (VC), ajustado pelo peso em Kg, para a população pediátrica.<sup>8,9</sup>

O  $V_E$  pode ser mensurado a partir de uma ventilometria. Neste estudo, utilizamos um ventilômetro analógico (Figura 3 - Criança sendo submetida a ventilometria), que foi conectado no tubo traqueal, durante um minuto, fornecendo assim,  $V_E$  de cada criança. Com o  $V_E$  é possível calcular o VC espontâneo ( $VC = V_E \times FR$ ). Com a FR do minuto de execução do teste, e com o VC, é possível calcular o IRS ( $FR/VC$ ),<sup>10</sup> que em pediatria deve ser ajustado pelo peso da criança em Kg [ $IRS = (FR/VC)/\text{peso}$ ].<sup>8,9</sup>



**Figura 3-** Criança sendo submetida à ventilometria.

#### **4.4.4 Mensuração da Força dos Músculos Ventilatórios e da Relação Carga/Força**

A força dos músculos inspiratórios (PiMáx) e dos músculos expiratórios (PeMáx) foram mensuradas imediatamente antes da extubação de cada criança, pela pesquisadora principal, a partir da conexão de um manovacômetro analógico durante 20 segundos, no tubo traqueal <sup>11</sup>, com uma elevação da cabeceira do leito a um ângulo de 30°. Foram considerados tanto para a PiMáx quanto para a PeMáx os valores numéricos, em cmH<sub>2</sub>O, mais altos desempenhados pela criança no tempo pré-estabelecido (20 segundos).

O manovacômetro pode ser utilizado para a mensuração, ao nível da boca, da PiMáx e da PeMáx. Trata-se de um método não invasivo, prático de ser aplicado, de baixo custo e sem risco de efeitos adversos ao paciente.<sup>12</sup> O manovacômetro pode ser analógico ou digital, os valores das medidas são expressos em cmH<sub>2</sub>O, os instrumentos devem permitir mensurações entre -160cmH<sub>2</sub>O e +200cmH<sub>2</sub>O, sendo que os valores negativos referem-se a PiMáx e os valores positivos a PeMáx.<sup>13</sup>

Este teste pode ser efetuado com pacientes em ventilação espontânea, intubados ou traqueostomizados. Para a sua execução nos pacientes pediátricos em suporte ventilatório deste estudo, conectou-se uma válvula unidirecional ao manovacômetro e este ao tubo traqueal da criança.<sup>14</sup> A cabeceira do leito foi mantida elevada a um ângulo de 30°. <sup>15</sup> (Figura 4).



**Figura 4-** Criança sendo submetida à manovacuometria.

O tempo máximo de execução do teste é de 45 segundos, entretanto este tempo varia na literatura entre 15 e 45 segundos.<sup>4,11,14,16,17</sup> Desta forma, o tempo de mensuração da PiMáx e PeMáx não estão estritamente definidos para pacientes adultos, pediátricos e neonatais.<sup>18,19</sup> Para pacientes pediátricos em VPM tem-se optado pela execução do teste em 20 segundos de acordo com os protocolos de El-Katib MF *et al* 1996,<sup>11</sup> Ely EW *et al* 2001,<sup>20</sup> Manczur TI *et al* 2000<sup>21</sup> e Marini JJ 1986<sup>14</sup>, neste estudo optou-se em aplicar o teste durante 20 segundos. Os valores obtidos podem ser comparados com os parâmetros de normalidade por meio das equações de predição (Anexo 3 - Tabela Equação de Predição PiMáx e PeMáx ).<sup>19</sup>

Para o cálculo da relação carga/força (RCF) utilizou-se a equação  $RCF = 15 \times (MAP \times 3) / PiMáx + 0.03 \times IRS - 5$ <sup>22</sup> ajustada pelo peso da criança.

#### **4.4.5 Desfecho principal:** falha da extubação.

A falha da extubação foi considerada quando houve a necessidade do retorno à VPM após 48hs da extubação. Os sinais vitais e a ventilação espontânea da amostra foram acompanhados uma hora antes da extubação até 48hs após a mesma (Apêndice 3 - Protocolo do Estudo).

A decisão de reintubação, foi baseada nos seguintes parâmetros clínicos: apnéia ou bradipnéia, alterações ventilatória importantes (taquipnéia, tiragens e retrações torácicas) e/ou inadequada saturação periférica de oxigênio com uma  $FiO_2 \geq 0.50\%$  associada com desconforto ventilatório.<sup>4</sup>

## **4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA**

### **4.5.1 Cálculo da Amostra**

A admissão anual, na UTIP do HSL, é de aproximadamente 500 pacientes, sendo que aproximadamente 50% (250 pacientes) destes fazem uso de VPM<sup>8</sup>. A falha da extubação esperada é de aproximadamente 20% (aproximadamente entre 35 a 40 pacientes/ano).<sup>4</sup>

Utilizando-se o teste *t* de *Student* para o cálculo da amostra,<sup>13</sup> estipulou-se um alfa bidirecional = 0.05 e um beta de 0.20 para uma magnitude de efeito

---

esperada = 0.3, a partir dos quais foi possível estimar uma amostra de 176 pacientes para este estudo, para uma significância estatística de  $P \leq 0.05$ .

#### **4.5.2 Análise dos dados**

No período de execução deste estudo (entre março de 2004 a agosto de 2006) foram internadas na UTIP 1.359 crianças [ano de 2004 = 689 pacientes; ano de 2005 = 523 pacientes; de janeiro a agosto de 2006 = 147 pacientes (dados coletados do serviço de cadastro de internações hospitalares do HSL)], destas 951 crianças foram submetidas à VPM (70% da internação total).

Das 951 crianças em VPM, foram excluídas: 190 (20%) crianças traqueostomizadas; 228 (24%) crianças que foram extubadas no turno da noite; 42 crianças (4.4%) que foram à óbito antes da extubação; 95 crianças (10%) que apresentaram extubação acidental, o que impossibilitou as aferições pré-extubação; 77 crianças (8%) cujos responsáveis legais não assinaram o TCI, por não aceitarem a participação da criança ou por não terem sido encontrados antes da extubação; 45 crianças (5%) não participaram do estudo pois a pesquisadora principal não estava presente no momento da extubação (perdas). Desta forma, foi possível incluir neste estudo 274 crianças em processo de extubação no período referido.

A amostra total deste estudo (274 crianças) foi subdividida por diagnóstico clínico mais freqüente [BA = 90 casos; pós-operatório cardíaco

(POC) = 59 casos; e doença neurológica (DN) = 43 casos] com a finalidade de comparar os grupos falha (GF) e sucesso (GS) da extubação entre os diagnósticos clínicos. Desta forma, para a comparação entre os diagnósticos clínicos foi utilizada a amostra de 192 crianças. As demais 82 crianças, da amostra total, foram excluídas da análise por diagnóstico clínico, pois apresentaram diagnósticos distintos (formando grupos de no máximo seis pacientes com diagnóstico em comum).

#### *4.5.2.1 Variáveis*

*Variável de desfecho:* falha da extubação.

*Variáveis preditoras:* variáveis nominais, ordinais e contínuas descritas abaixo.

*Variáveis não paramétricas nominais:* sexo, tipo de diagnóstico, modo ventilatório utilizado antes da extubação e motivo da falha na extubação, que são demonstradas em proporções e percentual (%).

*Variáveis não paramétricas ordinais:* PRISM, escore de sedação Ramsay, escore de coma de Glasgow, MAP, IO, IRS e RCF, que são demonstradas em mediana e seus percentis 25% e 75%.

---

*Variáveis paramétricas, contínuas ou quantitativas:* idade (meses), peso (Kg), parâmetros da VPM, sinais vitais, gases sanguíneos, VC, V<sub>E</sub>, PiMáx e PeMáx são demonstradas em média mais ou menos o desvio padrão (dp).

#### 4.5.2.2 Testes Estatísticos<sup>23</sup>

*Teste qui-quadrado de Pearson:* teste estatístico não paramétrico que foi utilizado para demonstrar a mediana e os percentis 25% e 75% das variáveis não paramétricas ordinais de toda amostra.

*Teste exato de Fisher:* foi utilizado, em substituição do qui-quadrado, para analisar as variáveis não paramétricas quando a amostra foi subdividida por diagnóstico (BA, DN e POC) e quando se obteve um n < 40 pacientes nestes grupos.

*Teste U de Mann-Whitney:* teste não paramétrico que foi utilizado para comparar as variáveis que não apresentaram distribuição normal, entre os GF e GS da extubação.

*Teste t de Student para amostras independentes:* teste paramétrico utilizado para comparar as variáveis contínuas com distribuição normal entre os GF e GS da extubação.

*Teste H de Kruskal-Wallis:* foi utilizado para comparar as variáveis entre os grupos de diagnóstico (BA, DN e POC).

---

*Curva ROC:* utilizada para identificar um ponto de corte, a sensibilidade e a especificidade das variáveis ordinais e contínuas, que apresentaram diferença estatística significativa entre os GF e GS da extubação, para determinar a falha ou o sucesso da extubação.

*Análise univariada:* teste utilizado para identificar as variáveis com significância estatística quando comparados os GF e GS da extubação.

*Análise multivariada:* foi utilizada para calcular a razão de chance (*odds ratio*) e seu intervalo de confiança de 95% para as variáveis que apresentaram significância estatística para risco de falha da extubação na análise univariada.

*Significância estatística:* o resultado da análise estatística foi considerado significativo quando encontrado um  $P \leq 0.05$ .

*Regressão logística:* com este teste estatístico criou-se um índice multivariado simples não ponderado,<sup>2,24</sup> o *Índice de Risco para Falha da Extubação*. Este índice foi baseado na presença ou não de fatores de risco, composto da soma dos dez fatores de risco (peso, idade, tempo de VPM, PaCO<sub>2</sub>, PiMáx, RCF, MAP, IO, VC, V<sub>E</sub>) e seus pontos de corte, com significância estatística na análise univariada. Foram criadas três categorias: presença de até dois fatores de risco, de três a cinco fatores de risco e mais do que seis fatores de risco, independentes de quais fossem eles. Com este índice, foi possível montar uma tabela (Anexo Índice de Risco) e gráficos (Anexos Gráficos Índice de Risco) demonstrando o percentual de risco para cada grupo

---

de diagnóstico clínico (BA, DN e POC) de acordo com o número de fatores de risco que estes pacientes apresentaram.

#### **4.6 ASPÉCTOS ÉTICOS**

O estudo nos pareceu pertinente, uma vez que no ano de 2004,<sup>25</sup> quando realizamos o estudo piloto, a utilização das características demográficas, dos parâmetros da VPM, dos gases sanguíneos e dos índices ventilatórios como critérios para a extubação dos pacientes pediátricos da UTIP do HSL baseava-se na experiência pessoal dos médicos assistentes e de fisioterapeutas deste serviço.

Os pacientes não foram colocados em riscos adicionais pela pesquisa, considerando que a maioria dos dados foram coletados do prontuário, do monitor do aparelho de VPM e do monitor de sinais vitais à beira do leito. Apenas foram acrescentados dois exames (ventilometria e manovacuometria) não invasivos e inócuos antes da extubação.

O estudo foi iniciado após a aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa da PUCRS e Comitê de Ética do HSL (CEP 271/04), o responsável legal por cada paciente foi informado verbalmente sobre este estudo através do Termo de Consentimento Informado (TCI) (Apêndice 1 - Termo de Consentimento Informado), sendo incluídos neste estudo os pacientes cujo responsável concordou e assinou o TCI. A identidade dos pacientes e de seus responsáveis

---

foi mantida em sigilo. Desta forma esta pesquisa seguiu as normas vigentes na lei 146/96 do Conselho Nacional de Saúde e normas de pesquisa com seres humanos.<sup>26</sup>

---

**4.7 REFERÊNCIAS**

1. Hulley SB, Cummings SR, Browner WS *et al.* Delineando a Pesquisa Clínica: uma abordagem epidemiológica. 2ªed. Porto Alegre: Artmed, 2003.
  2. *site*: [www.sportsci.org/resourg/stats/contents.html](http://www.sportsci.org/resourg/stats/contents.html)
  3. Einloft PR, Garcia PC, Piva JP. Perfil epidemiológico de dezesseis anos de uma unidade de terapia intensiva pediátrica. Rev Saúde Pública 2002;36:728-33.
  4. Fontela PS, Piva JP, Garcia PC *et al.* Risk factors for extubation failure in mechanically ventilated pediatric patients. Pediatr Crit Care Med 2005;6:166–70.
  5. Carvalho WB, Hirschheimer MR, Matsumoto T. Terapia Intensiva Pediátrica. 3ª ed. Rio de Janeiro: Editora Atheneu;2006.
  6. Ramsay MA, Savege TM, Simpson BR, *et al.* Controlled sedation with alphaxalone-alphadolone. Br Med J 1974;2:656-9.
  7. Pollack MM, Ruttimann EU, Geston PR. Pediatric risk of mortality (PRISM) score. Crit Care Med 1988;16:1110–6.
  8. Farias JA, Retta A, Alia I *et al.* A comparason of two methods to perform a breathing trial before extubation in pediatric intensive care patients. Intensive Care Med 2001;27:1649-54.
-

- 
9. Noizet O, Leclerc F, Sadik A *et al.* Does taking endurance into account improve the prediction of weaning outcome in mechanically ventilated children? *Critical Care* 2005;9: 798-807.
  10. Tobin MJ, Perez W, Guenther SM *et al.* The pattern of breathing during successful and unsuccessful trials of weaning from mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1986; 134:1111-8.
  11. El-Katib MF, Baumeister B, Smith PG *et al.* Inspiratory pressure/maximal inspiratory pressure: does it predict successful extubation in critically ill infants and children? *Intensive Care Med* 1996; 22:264-8.
  12. ATS/ERS statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166: 518–624.
  13. Maróstica PJC, Johnston C, Hommerding PX. Fibrose Cística. In: Carvalho WB, Miyoshi MH. *Fisioterapia Pediátrica e Neonatal*. 1ª ed. Editora Artmed: Porto Alegre; 2007. [impress]
  14. Marini JJ, Smith TC, Lamb V. Estimation of pressure muscle strength in mechanically ventilated patients: the measurement of maximal inspiratory pressure. *J Crit Care* 1986;1:32–8.
  15. Badr C, Elkins MR, Ellis ER. The effect of body position on maximal expiratory pressure and flow. *Aust J Physiother* 2002;48:95-102.
  16. Bruton A. A pilot study to investigate any relationship between sustained maximal inspiratory pressure and extubation outcome. *Heart Lung* 2002; 31:141–9.
-

17. Caruso P, Friedrich C, Denari S. The unidirectional valve is the best method to determine maximal inspiratory pressure during weaning. *Chest* 1999;115:1096–101.
  18. Vitacca M, Paneroni M, Bianchi L. Maximal inspiratory and expiratory pressure measurement in tracheotomised patients. *Eur Respir J* 2006;27:343–9.
  19. Wilson SH, Cooke NT, Edwards RH *et al.* Predicted normal values for maximal respiratory pressures in caucasian adults and children. *Thorax* 1984;39:535-8.
  20. Ely EW, Meade O, Haponik EF *et al.* Mechanical ventilator weaning protocols driven by nonphysician health-care professionals: evidence-based clinical practice guidelines. *Chest* 2001;454S-3S.
  21. Manczur TI, Greenough A, Pryor D *et al.* Assessment of respiratory drive and muscle function in the pediatric intensive care unit and prediction of extubation failure. *Pediatr Crit Care Med* 2000;1:124-6.
  22. Vassilakopoulos T, Routsis C, Sotiropoulou C *et al.* The combination of the load/force balance and the frequency/idal volume can predict weaning outcome. *Intensive Care Med* 2006;32:684-91.
  23. Wagner MB, Motta VT, Dornelles CC. *SPSS passo a passo*. EDUCS: Caxias do Sul, 2004.
  24. Rothman KJ. Use of confounder summary score. In: Rothman KJ. *Modern Epidemiology*. Modern Books: Boston, 1986:pg 307.
-

25. Calvão RM, Johnston C, Piva JP. Acurácia do índice de Tobin na extubação de crianças. [Abstract] *Scientia Médica* 2004;14:124.

26. CIOMS. International ethical guidelines for biomedical research involving human subjects. Geneva: WHO, 1993.

---

**CAPÍTULO III**  
**Artigos Originais I e II**

---

Pediatric Critical Care Medicine



**EXTUBATION PREDICTOR'S IN CHILDREN WITH ACUTE VIRAL BRONCHIOLITIS SUBMITTED TO MECHANICAL VENTILATION**

Journal:	<i>Pediatric Critical Care Medicine</i>
Manuscript ID:	draft
Manuscript Type:	Original Articles-Clinical Investigations
Date Submitted by the Author:	n/a
Complete List of Authors:	Piva, Jefferson; Hospital Sao Lucas da PUCRS, UTI Pediatrica Johnston, Cintia; Hospital Sao Lucas da PUCRS, Pediatric Intensive Care Unit Celiny Garcia, Pedro; Hospital Sao Lucas da PUCRS, Pediatric Intensive Care Unit; Hospital Sao Lucas - PUCRS (Brazil), Pediatric Intensive Care Unit Bueno, Fernanda; Hospital Sao Lucas da PUCRS, Pediatric Intensive Care Unit; Hospital Sao Lucas, PUCRS University, Brazil, Pediatric Intensive Care Unit Rocha, Alessandra; Hospital Sao Paulo-Brazil, Physiotherapy Department Fonseca, Marcelo; Hospital Sao Paulo-Brazil, Pediatric Intensive Care unit Rodrigues, Adriana; Ho; Hospital Sao Paulo-Brazil, Pediatric Intensive Care unit Carvalho, Werther; Hospital Sao Paulo-Brazil, Pediatric Intensive Care Unit; Hospital Sao Paulo-Brazil, Pediatric Intensive Care unit
Key Words:	Acute viral bronchilitis, Mechanical ventilation, Extubation failure, Respiratory failure, Pediatric Intensive Care Unit, Weaning



1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

**EXTUBATION PREDICTOR'S IN CHILDREN WITH ACUTE VIRAL BRONCHIOLITIS  
SUBMITTED TO MECHANICAL VENTILATION**

**Authors: Cíntia Johnston MSc<sup>1</sup>; Jefferson Piva MD, PhD<sup>2</sup>; Pedro Celiny R Garcia MD, PhD<sup>3</sup>; Fernanda U. Bueno MD<sup>4</sup>; Alessandra Rocha<sup>5</sup>; Marcelo Cunio Fonseca MD<sup>6</sup>; Adriana Rodrigues MD<sup>6</sup>. Werther Brunow de Carvalho MD, PhD<sup>7</sup>**

1-Physiotherapist. Master of Science in Pediatrics and Children Health. Coordinator of Specialization Course on Respiratory Neonatal/Pediatrics Physiotherapy of Federal University of São Paulo-São Paulo-Brazil.

2-Associate professor of Pediatrics. Pediatric department of School of Medicine at Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) and Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS). Associate director of Pediatric Intensive Care Unit (PICU) at Hospital São Lucas – PUCRS.

3-Associate professor of Pediatrics. Pediatric department of School of Medicine at Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). Associate director of Pediatric Intensive Care Unit (PICU) at Hospital São Lucas – PUCRS.

4- Pediatric Intensivist. Staff member of Pediatric Intensive Care Unit at Hospital São Lucas da PUCRS.

5- Physiotherapist. Supervisor of Specialization Course on Respiratory Neonatal/Pediatrics Physiotherapy of Federal University of São Paulo-São Paulo-Brazil.

6- Pediatric intensivist. Staff member of Pediatric Intensive Care Unit at São Paulo Hospital. Federal University of São Paulo – Brazil.

7- Associate Professor. Pediatric Department of Federal University of State of São Paulo. Director of Pediatric Intensive Care Unit at Sao Paulo Hospital-Brazil.

**From the Departments of Pediatric Critical Medicine, Hospital São Lucas da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul- Porto Alegre-Brazil and Federal University of São Paulo-São Paulo-Brazil.**

**Corresponding author:**

**Cíntia Johnston,**

**Complete Address: Correa de Lemos street, nº153/71,Chácara Inglesa. São Paulo- São Paulo- Brazil. Phone: 011-82320542**

**cintiajohnston@terra.com.br**

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

**Abstract:**

**Objective:** To evaluate the pre extubation mechanical ventilation (MV) parameter's, the rapid shallow breathing index (RSBI), the maximum inspiratory pressure (PiMax), the maximum expiratory pressure (PeMax) and the load/force ratio, related to extubation success/failure in children with acute viral bronchitis (AVB).

**Design:** Prospective observational, single center study

**Settings:** Pediatric Intensive Care Unit at Hospital São Lucas of PUCRS (Brazil).

**Patients:** between March 2004 and September 2005 were enrolled children (1-12 months old) with AVB considered able to be extubated,

**Intervention:** Maintaining the children spontaneously breathing through the tracheal tube we evaluate the respiratory rate, expiratory minute volume ( $V_E$ ), PiMax and PeMax, as well the RSBI [ $RR/(V_E/RR/Weight)$ ], load/force balance ( $D=15x [(3xMAP)/PiMáx]+0.03 x RSBI - 5$ ), the mean airway pressure (MAP) and the oxigenation index (OI). Arterial blood gas was collected one hour before extubation. The extubation was considered successful if 48 hours after tracheal tube removal the MV was not reinstate.

**Measurements and main results:** 44 children were mechanically ventilated due to AVB with 4 death (9%). Extubation failure occurred in 15% (6/40) and was associated with a lower: pre-extubation PIP ( $20\pm 8 \times 27\pm 5$  cmH<sub>2</sub>O;  $P < 0.008$ ), MAP ( $6\pm 4 \times 7\pm 4$ ;  $P < 0.048$ ), tidal volume ( $5\pm 2 \times 10\pm 5$ ;  $P < 0.003$ ), PiMax, PeMax and load force balance ( $P < 0.01$ ) as well small weight (4kg x 6kg;  $P = 0.021$ ). An RSBI of 6.7 Fr/min/ml/kg achieved 83% and 70% sensibility and specificity respectively to predict extubation failure, and the load/force balance cutoff point to define extubation success in this group was 3 (100% sensibility and 90% specificity;  $P=0.010$ ).

**Conclusion:** Extubation failure in infants with AVB submitted to MV is related to low pre extubation tidal volume, MAP, PiMax, PeMax and load/force balance. The RSBI and load/force balance demonstrated good sensibility and specificity for predicting extubation failure in BVA.

**Key-words:** Acute viral Bronchiolitis, Mechanical ventilation, Extubation failure, Pediatric Critical Care, Weaning.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

## INTRODUCTION

Acute viral bronchiolitis (AVB) is the most common lower airway viral infection in children under one year age. The most serious form occurs in infants under six months old, premature babies or children with underlying diseases as bronchopulmonary dysplasia, immunodeficiency and congenital heart diseases <sup>1,4</sup>.

The main etiological agent is the respiratory syncytial virus, followed by other agents, such as: adenovirus; parainfluenza 1,2 and 3; influenza A and B; rhinovirus; mycoplasma pneumonia; human metapneumovirus and coronavirus <sup>2-5</sup>.

The mild disease occurs in the majority of the children. However, approximately 1% to 3% of the cases will need hospital admission and 15% of them may be transferred to the Pediatric Intensive Care Unit (PICU) <sup>1,4</sup>. Mechanical ventilation (MV) may be needed in 5% to 15% of the hospitalized patients, due to fatigue, apnea and /or hypoxemia<sup>1</sup>. The average length of MV support is close to seven days with a slowly weaning course. Children with AVB are considered capable to be extubated when are using an inspired oxygen fraction (FiO<sub>2</sub>) inferior to 40%, low inspiratory positive pressures and respiratory rate (RR) between 8 and 10 cycles per minute (cpm) <sup>6</sup>.

Inappropriate extubation timing increases the morbi-mortality rate, the length of PICU stay <sup>7</sup> as well the length of MV <sup>8</sup>, raising the probability of airway trauma (associated to reintubation) and nosocomial infection <sup>8</sup>.

Extubation failure is defined as the necessity of reintubation and restitution the MV support in the first 24h to 48h after withdrawing the tracheal tube <sup>7,8,9</sup>. Failure occurs in approximately 15% to 20% of the children <sup>7,9,10</sup> and in 22% to 28% of the premature <sup>8</sup>. In a quarter of the cases it occurs in consequence of upper airway obstruction (post extubation edema), while in the other 75% it is due to the worsening of the pulmonary condition, alterations of the ventilatory musculature, residual effect of sedatives and muscular relaxing agents among other <sup>6,9,11</sup>.

Several variables have been associated to extubation failure in pediatric patients, however, available data do not specifically address AVB on mechanical ventilation and most of the weaning indexes are not established for this population. The objective of this study is to evaluate in children with AVB submitted to MV some predictive factors associated with extubation success/failure like: ventilatory parameters, rapid shallow breathing index (RSBI), maximum inspiratory pressure (PiMax), maximum expiratory pressure (PeMax) and load/force balance.

**METHODS**

Between March 2004 and September 2005 we conducted a prospective transversal study at the Pediatric Intensive Care Unit (PICU) - Hospital São Lucas – (Brazil), affiliated to the Pontificie Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS – Brazil). The following inclusion criteria were adopted: children up to 12 months, submitted to MV with clinical diagnosis of AVB (first wheezing crisis, with thoracic retractions, nasal flaring, associated to upper airway infection) and radiological findings suggestive of hyperinsufflation (with or without interstitial infiltrates and/or alveolar collapse) and considered able to be weaned from MV by the medical staff. Hospital São Lucas of PUCRS ethics and scientific commission approved the study.

The exact moment for extubation was defined exclusively by the medical team in charge at the PICU. Before extubation the main researcher was contacted for recording the main variables: a) MV parameters. b) respiratory rate, expiratory minute volume ( $V_E$ ), tidal volume and the RSBI adjusted to the weight ( $RSBI = RR/(V_E/RR)/Weight$ )<sup>12</sup> through a ventilometer connected to the tracheal tube in situ and spontaneously breathing; c) PiMax and PeMax were measured (20-30 seconds maximum time)<sup>13</sup> with a connected manovacuometer to the tracheal tube. The load/force balance was obtained using the following equation:  $(D = 15 \times (3 \times MAP)/PiMax + 0.03 \times RSBI - 5)$ <sup>13</sup>.

Arterial blood gas was collected one hour before extubation. The extubation was considered successful if the infant, after 48 hours, did not need to return to MV support. The indication for reintubation was an exclusive attribution of the medical team. The use of non invasive positive pressure ventilation was not considered extubation failure.

The PICU at Hospital São Lucas - PUCRS is a 13 beds tertiary unit situated in southern Brazilian region with an average of 500 children admitted yearly. Analyzing the previous year (2003) hospitalization records, we observed that approximately 20 children with less than one year, with AVB were submitted to MV. Assuming an extubation failure rate of 15% and a difference of 20% for RSBI, among the failure and success extubation groups we considered that approximately 38 patients would be enough to evaluate the predictive power of this index (beta=80%, alpha=0.05).

Student t test was used to compare continuous variables with normal distribution and Mann-Whitney U test and Kruskal-Wallis for non parametric distributions. Receiver operating characteristics (ROC) curve was used to verify the cutoff point where RSBI and load/force balance has better sensibility and specificity to predict the extubation

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

1  
2  
3 success/failure. The statistical analysis was accomplished using SPSS software version  
4 11.5 [Inc,Chicago,Illinois,USA]).  
5  
6  
7

## 8 RESULTS

9  
10 Five hundred eighty nine childrens were hospitalized in Hospital São Lucas of  
11 PUCRS PICU between March 2004 and September 2005. Among these, 44 were  
12 submitted to MV due to AVB and 4 (9%) of them died and were excluded from the  
13 analysis. Congenital heart disease was the underlying disease in two of them.  
14  
15

16 In the 40 children analyzed the median age was 4 (3-7) months old and the median  
17 weight of 5Kg (4-8) (Table 1). The median mean airway pressure (MAP) was of 17 (16-19),  
18 with an oxygenation index (OI) of 6 (5-8) and a MV time of 6 (3-10) days.  
19  
20

21 In 85% (34/40) there was an associated morbidity, being prematurity (43%),  
22 congenital heart diseases (13%), and hydrocephalus (13%) the more prevalent ones. We  
23 observed extubation failure 15% (6/40) of the children. All of them presented an  
24 associated morbidity, being prematurity and the congenital heart disease the predominant  
25 ones (Table 2).  
26  
27  
28

29 The infants that presented extubation failure had lower weight ( $P=0.001$ ), without  
30 statistical difference related to the length of MV, when compared with the successfully  
31 extubated children group (Table 2).  
32  
33

34 Concerning the pre extubation MV variables, it was observed that the group that  
35 obtained successful extubation used a higher average PIP ( $27\pm 5$  vs  $20\pm 8$  cmH<sub>2</sub>O;  
36  $P=0.008$ ) and, consequently, a larger MAP ( $17\pm 3$  vs  $14\pm 4$ ;  $P=0.048$ ). In the pre extubation  
37 spontaneous breathing evaluation with the patients still intubated, we observed that the  
38 average tidal volume ( $10\pm 5$  vs  $5\pm 2$  ml/kg;  $P=0.03$ ) and the  $V_E$  ( $0.8\pm 0.5$  vs  $2\pm 4$  liters;  
39  $P=0.01$ ) were larger in the group that was successfully extubated. The other parameters  
40 (RR and FiO<sub>2</sub>) titrated one hour before extubation did not reach statistical significant  
41 difference among the groups (Table 3).  
42  
43  
44  
45  
46

47 RSBI and arterial blood gas values did not differ among the groups. We also  
48 observed that the extubation success in infants with AVB was associated to larger values  
49 of PiMax ( $P=0.001$ ), PeMax ( $P=0.001$ ) and load/force balance ( $P=0.008$ ) (Table 4).  
50  
51

52 RSBI presented an area under the curve of 0.75 to estimate the risk of extubation  
53 failure in infants with AVB. Analyzing the ROC curve, we observe that the best RSBI cutoff  
54 point to define extubation success in this group was 6.7 RR/min/ml/kg (83% sensibility and  
55 70% specificity ;  $P = 0.001$ ), and load/force balance (area under the curve 0.83) with the  
56  
57  
58  
59  
60

AVB and extubation indices

Johnston et al

6

cutoff point to define extubation success in this group was 3 (100% sensibility and 90% specificity ;  $P = 0.010$ ).

## DISCUSSION

This study involving infants with AVB submitted to MV allowed us to observe that: a) the rate of extubation failure in this population (15%) is similar to that observed in the general pediatric population submitted to MV. b) in infants with AVB the use of higher PIP and MAP during the pre extubation period while in MV was associated with extubation success. This suggests that the recruitment/derecruitment cycle during weaning may have an important role to avoid extubation failure. c) the pre-extubation measurement of Pimax, PeMax and the load/force balance showed to be good predictive indexes to define extubation success/failure in children with submitted to MV due to AVB; d) RSBI was not a good predictive index to estimate extubation failure in children with submitted to MV due to AVB.

An accentuated decrease in the mortality due to AVB was observed in the last decades, even in those children submitted to MV<sup>14</sup>. Nowadays, the need of MV in infants with AVB is almost restricted to premature babies, children belonging to the lower social economical levels, and to those with associated diseases (e.g.: congenital heart disease)<sup>15,16</sup>. It is estimated that less than 3% of the children without risk factors, hospitalized in a PICU due to AVB will need MV and the mortality rate of this group is nearly zero<sup>15,17</sup>. However, for children with congenital heart disease and with AVB, the risk of being submitted to MV increases to 19% with a mortality rate close to 10%<sup>18-20</sup>. In our sample, where a high rate of associated diseases was present, the same trend observed with a mortality of 9%. In 50% of the deaths there was an associated congenital heart defect and in the other 50% some other risk factor was still associated.

The current challenges for mechanical ventilation in children are related to: 1) avoiding ventilation induced pulmonary injury; 2) reducing the length of MV, adopting weaning strategies, identifying the ideal extubation timing to avoid reintubation and its associated risks<sup>21</sup>.

The clinical ability to predict the extubation success is limited. Therefore, the high reintubation rates (15-40%) observed in pediatric patients is a challenge to be surpassed. The pulmonary function tests to evaluate the readiness for extubation in adults<sup>22</sup> and children<sup>7,23,24</sup> include the ventilatory drive, ventilatory reserve, ventilatory muscular resistance, pulmonary function and the gas exchanges.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

Several pediatric studies did not identify factors, weaning protocols or indexes that predict the moment for the extubation of children submitted to MV<sup>6-12,25,26</sup>. In some cases these protocols reduced the MV time, however they did not surely identify who would fail the extubation<sup>10,27</sup>. One possible criticism to these studies is that there might have had selection bias, because they involved children of different ages and absolutely distinct diseases. Therefore we believed that the analysis of indexes and risk factors to evaluate extubation failure and/or success should involve the most possible homogeneous population (in our case, infants smaller than one year) and with the same disease (in this case, lower airways obstructive diseases–AVB).

It is known that the age (especially less than 3 months) it is an independent factor associated to extubation failure<sup>9,28</sup>. However, it is interesting to note that the rate of extubation failure AVB patients observed in this study (~15%) it did not differ from the extubation failure rate found in older children with other diseases<sup>6-12</sup>.

Tasker RC et al,<sup>28</sup> verified that MAP >10cmH<sub>2</sub>O (91% positive predictive value and 97% negative predictive value) and the alveolo-arterial oxygen difference > 300mmHg in the first 24h, can initially predict the severity of the lung infection due to VRS MV patients, as well as ICU length of stay. The use of PIP lower than that needed to overcome the airway resistance would promote derecruitment and decrease of the gas exchange surface (hypoxemia and hypercapnia)<sup>21</sup>. Our results seem to confirm some of the beneficial effects of higher PIP and MAP in AVB. We observed that the children in which the extubation succeeded used, in the moments that preceded the extubation, higher PIP and MAP. We believe that this strategy during the MV weaning phase allows the airways to remain opened and prevent lung derecruitment. This supposition seems to be confirmed, during the tests performed with the patient intubated but ventilating spontaneously immediately before the extubation. At this time, the average tidal volume and V<sub>E</sub> were also, significantly larger in the successfully extubated children.

In previous pediatric studies<sup>12,25,26</sup> PiMax was used an extubation predictor. These studies involved children with different ages and diseases, the extubation success positive predictive value was with a PiMax less or equal to 45 cmH<sub>2</sub>O. In at least one study<sup>29</sup>, a PiMax less than or equal to 65 (47-84) cmH<sub>2</sub>O was found to be of value to predict a successful extubation. This value is very similar to the one found in our study, PiMax 65 (64-72) cmH<sub>2</sub>O and PeMax 50 (51-58) cmH<sub>2</sub>O. To overcome the resistance caused by the obstruction of the small airways it is necessary to generate a larger pressure gradient and, therefore, a better inspiratory and expiratory muscular force. So in AVB patients, the

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

predictive PiMax value of a successful extubation, should be smaller and the PeMax values higher. In our study PiMax, PeMax and load/force balance measured immediately before extubation, in patients with AVB submitted to MV, have shown to be good indexes to predict extubation success/failure.

The load-force balance proposed by Vassilakopoulos T et al, 2006<sup>13</sup>, was only evaluated in adult patients, and the load-force balance = 1 was stipulated as the ideal cutoff point for extubation. This index is considered complete, because in the equation  $([D= 15x[(3xMAP)/PiMax]+0.03xRSBI-5])^{13}$  the MAP, PiMax and of RSBI values are considered, making it more sensitive for pre-extubation evaluation. In our study, the load/force balance values were significantly smaller ( $P=0.008$ ) in the group successfully extubated [4(3.6-4.3)] compared to the group where extubation failed [5(4-6)]. This is the first study that used this index to predict extubation success/failure in pediatrics and, specifically in infants with AVB submitted to MV. However, these results should be studied and appraised in other samples, to establish a reliable cutoff point to predict extubation success/failure for the other diseases in the pediatric setting.

Farias JA et al in previous studies in pediatric populations submitted to MV due to several distinct etiologies (1998<sup>12</sup>, 2001<sup>25</sup> and 2002<sup>26</sup>), observed that RSBI > 6.5 [Fr/min/ml/kg] can reliably predict extubation success. In our study, with infants with AVB and using the ROC curve, we observed that a value (6.7 Fr/min/ml/kg), very close to that described by Farias. However, its 70% specificity and 83% sensibility do not allow us to adopt it as a reliable index to predict extubation success/failure in children with AVB.

It is important to outline some limiting factors in our study that can restrict the extrapolation of these data, such as: a) the influence of the distinct ventilatory modes was not evaluated in relation to the extubation failure in this group of patients; b) there was not a pre defined protocol for weaning; c) restricted number of extubation failures.

It can be concluded from this study that extubation failure in infants with AVB occurs predominantly in low weight infants, in children that used smaller pre extubation PIP and TV. The results suggest that  $PiMax \leq 65$  cmH<sub>2</sub>O,  $PeMax \geq 50$  cmH<sub>2</sub>O and load/force balance cutoff point to define extubation success in this group was 3 (100% sensibility and 90% specificity;  $P=0.010$ ). However, the RSBI cutoff point 6.7 [Fr/min/ml/kg], has low sensibility and specificity to define the ideal timing for extubation in AVB.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

## REFERENCES

1. Arnold SR, Wang EE, Law BJ *et al.* Variable morbidity of respiratory syncytial virus infection in patients with underlying lung disease: a review of the PICNIC RSV database. *Pediatr Infect Dis J* 1999;18:866-9.
2. Nielsen HE, Siersma V, Andersen S *et al.* Respiratory syncytial virus infection-risk factors for hospital admission: a case-control study. *Acta Paediatr* 2003, 92:1314-21.
3. Pitrez PMC, Stein RT, Sturmer L *et al.* Bronquiolite aguda por rinovírus em lactentes jovens. *J Pediatr* 2005; 81: 417-20.
4. Calegari T, Queiroz DAO, Yokosama J *et al.* Clinical-epidemiological evaluation of respiratory syncytial virus infection in children attended in a public hospital in midwestern Brazil. *Brazil J Infect Dis.* 2005; 9: 156-61.
5. van den Hoogen BG, De Jong JC, Groen J *et al.* A newly discovered human pneumovirus isolated from Young children with respiratory tract disease. *Nat Med* 2001,7:719-24.
6. 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.
7. Kurachek Sc, Newth CJ, Quasney MW *et al.* Extubation failure in pediatric intensive care: A multiple-center study of risk factors and outcomes. *Crit Care Med* 2003; 31: 2657-64.
8. Manczur TI, Grenough A, Pryor D *et al.* Comparison of predictors of extubation from mechanical ventilation in children. *Pediatr Crit Care Med* 2000; 1: 28-32.
9. Fontela P, Piva J, Garcia PC *et al.* Risk factors for extubation failure in mechanically ventilated pediatric patients. *Pediatric Crit Care Med* 2005; 6:166-170
10. Randolph AG, Wypij DW, Venkataraman ST *et al.* Effect of mechanical ventilation weaning protocols on respiratory outcomes in infants and children. *JAMA* 2002; 288: 2561-68.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

11. Edmunds S, Weiss I, Harisson R. Extubation failure in a large ICU pediatric population. *Chest* 2001; 119: 897-900.
12. Farias JA, Alia I, Esteban A *et al.* Weaning from mechanical ventilation in pediatric intensive care patients. *Intensive Care Med* 1998;24:1070-75.
13. Vassilakopoulos T, Routsis C, Sotiropoulou C *et al.* The combination of the load/force balance and the frequency/idal volume can predict weaning outcome. *Intensive Care Med* 2006; 32(5):684-91.
14. Holman RC, Shay DK, Curns AT, *et al.* Risk factors for bronchiolitis-associated deaths among infants in the United States. *Pediatr Infect Dis J* 2003, 22:483-90.
15. Liese JG, Grill E, Fischer B *et al.* Incidence and risk factors of respiratory syncytial virus-related hospitalizations in premature infants in Germany. *Eur J Pediatr* 2003, 162:230-36.
16. Welliver RC. Review of epidemiology and clinical resik factors for severe respiratory syncytial virus (rsv) infection. *J Pediatr* 2003;143:S112-S117.
17. Nielsen HE, Siersma V, Andersen S *et al.* Respiratory syncytial virus infection-risk factors for hospital admission: a case-control study. *Acta Paediatr* 2003, 92:230-36.
18. Dayan PS, Roskind CD, Levine DA *et al.* Controversies in the management of children with bronchiolitis. *Clin Ped Emerg Med* 2004; 5: 41-53
19. Wilson D, Landrigan G, Horn S *et al.* Complications in infants hospitalized for bronchiolitis or respiratory syncytial virus pneumonia. *J Pediatr* 2003; 143: s142-149.
20. Leader S, Kohalhase K. Recent trend in severe respiratory syncytial virus among US infants, 1997 to 2000. *J Pediatr* 2003; 143: s127-132.
21. Barbas CL. Lung recruitment maneauvers in acute respiratory distress syndrome and facilitating resolution. *Crit Care med* 2003; 31: s265-271.
22. 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.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

23. Kalmlin COF, Davis PG, Morley CJ. Predicting successful extubation of very low birthweight infants. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2006;91:F180-F183.
24. Baumeister BL, el-Khatib M, Smith PG *et al.* Evaluation of predictors of weaning from mechanical ventilation in pediatric patients. *Pediatr Pulmonol* 1997;24:344-52.
25. Farias JA, Retta A, Alia I *et al.* A comparison of two methods to perform a breathing trial before extubation in pediatric intensive care patients. *Intensive Care Med* 2001;27:1649-54.
26. Farias JA, Retta A, Alia I *et al.* An evaluation of extubation failure predictors in mechanically ventilated infants and children. *Intensive Care Med* 2002;28:752-57.
27. Restrepo R, Fortemberry J, Spainhour C *et al.* Protocol-driven ventilator management in children: comparison to noprotoocol care. *J Intensive Care Med* 2004; 19: 274-284.
28. Tasker RC, Gordon I, Kiff K. Time course of severe respiratory syncytial virus infection in mechanically ventilated infants. *Acta Paediatr* 2000, 89:938-41.
29. Noizet O, Leclerc F, Sadik A *et al.* Does taking endurance into account improve the prediction of weaning outcome in mechanically ventilated children? *Critical Care* 2005,9(6): 798-807.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

Table 1 - Characteristics of children with acute viral bronchiolitis submitted to mechanical ventilation previously to the extubation.

Variable	n=40
Age [median (IQ25-75%)] (months)	4 (3-7)
Weight [median (IQ25-75%)] (Kg)	5.4 (4-8)
Gender M:F (%)	24:16 (60:40)
PRISM II [median (IQ25-75%)]	17 (12-20)
Ramsay [median (IQ25-75%)]	3 (3-4)
MAP [median (IQ25-75%)]	17 (16-19)
OI [median (IQ25-75%)]	6(5-8)
MV time [median (IQ25-75%)]	6 (3-10)

Legend: PRISM II = Pediatric Risk Score Mortality II; Ramsay= sedation score; MAP= mean airway pressure; OI= oxygenation index  $[(\text{FiO}_2 \times \text{MAP} / \text{PaO}_2) \times 100]$ .

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

Table 2 - Characteristics of children with acute viral bronchiolitis submitted to mechanical ventilation related to the extubation failure/success.

Parameters	Failure = 6 (15%)	Success = 34 (85%)	P
Age: mean (IQ25-75%) (months)	5 (3 - 8)	4 (4 - 6)	0.87
Weight: mean (IQ25-75%) (Kg)	4 (3-5)	6 (5-7)	0.001
Gender M:F	3/3	21:13	0.66
<b>Comorbidities (n° of cases)</b>			
-Prematurity	02	15	
-Congenital heart disease	02	05	
-Hydrocephalus	01	04	
-Sepsis	0	04	0.17
-Cystic fibrosis	0	01	
-None	01	05	
MV time	8 (6-23)	6 (5-12)	0.52

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

Table 3 - The respiratory and Mechanical ventilation parameter's one hour before extubation in children with acute viral bronchiolitis.

Parameters	Failure = 6 (15%)	Success = 34 (85%)	P
PIP	20 ± 8	27 ± 5	0.008
PEEP	7 ± 3	5 ± 2	0.08
RR	11 ± 4	9 ± 5	0.29
FIO <sub>2</sub>	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.30
Ti	0.8 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.29
TV	5 ± 2	10 ± 5	0.003
V <sub>E</sub>	0.8 ± 0.5	2 ± 4	0.010

Legend: PIP = peak inspiratory pressure; PEEP = positive end expiratory pressure; RR = respiratory rate; FIO<sub>2</sub> = Oxygen inspired fraction; Ti = inspiratory time; TV = tidal volume; V<sub>E</sub> = expiratory minute volume.

For Peer Review

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

Table 4- Arterial blood gas, IRS, PiMax, PeMax, load/force balance, MAP and OI characteristics before extubation.

Parameters	Failure = 6 (15%)	Success = 34 (85%)	P
pH	7.37 ± 0.1	7.41 ± 0.1	0.21
PaCO <sub>2</sub> (mmHg)	39 ± 11	43 ± 9	0.31
PaO <sub>2</sub> (mmHg)	75 ± 21	86 ± 26	0.32
RSBI (RR/min/ml/kg)	9.4 (5-12)	4.4 (4-7)	0.12
PiMax (cmH <sub>2</sub> O)	40 (34-50)	65 (64-72)	0.001
PeMax (cmH <sub>2</sub> O)	30 (16-34)	50 (51-58)	0.001
Load/force balance	5 (4-6)	4 (3.6-4.3)	0.008
MAP	14 (10-18)	17 (16-19)	0.048
OI	6 (2-10)	6 (6-9)	0.55

Legend: PaCO<sub>2</sub> = CO<sub>2</sub> partial pressure; PaO<sub>2</sub> = Oxygen partial pressure; RSBI = rapid shallow breathing index; PiMax= maximum inspiratory pressure; PeMax= maximum expiratory pressure; MAP = mean airway pressure; OI = oxygenation index.

**PREDITORES DE EXTUBAÇÃO EM CRIANÇAS  
NO PÓS-OPERATÓRIO DE CIRURGIA CARDÍACA  
SUBMETIDOS A VENTILAÇÃO PULMONAR MECÂNICA**

**Johnston C, Piva JP, Carvalho WB, Celiny PG, Hommerding PX**

**Objetivos:** Avaliar os parâmetros da ventilação pulmonar mecânica (VPM), índice de respiração rápida superficial (IRS), força dos músculos ventilatórios (PiMáx e PeMáx), relação carga/força (RCF) e gases sanguíneos pré-extubação como preditores de falha da extubação (FE) de crianças no pós-operatório de cirurgia cardíaca (POC).

**Métodos:** Estudo transversal (março 2004 a março 2006), com crianças no POC aptas para a extubação, em um hospital universitário. Com o tubo traqueal *in situ* e em ventilação espontânea mensurados: volume minuto expiratório ( $V_E$ ), PiMáx e PeMáx. Calculado IRS [ $FR/(V_E/FR/Peso)$ ],  $RCF = [15x[(3xMAP)/PiMáx] + 0.03 \times IRS - 5]$ , pressão média das vias aéreas [ $MAP = \{(PIP - PEEP) \times [Ti/(Te + Ti)]\} + PEEP$ ] e índice de oxigenação [ $IO = (FiO_2 \times MAP/PaO_2) \times 100$ ]. Gases sanguíneos 1h antes da extubação. Sucesso de extubação considerado quando após 48 horas não houve reintubação. *Análise estatística:* variáveis não paramétricas, qui-quadrado de *Pearson*; paramétricas com distribuição normal, teste *t* de *Student* para duas amostras independentes; paramétricas sem distribuição normal, Mann-Whitney; ponto de corte (sensibilidade e especificidade), curva *ROC*. Programa SPSS versão 11.0 (SPSS Inc, Chicago, Illinois, USA). Comitê de Ética da PUCRS (CEP 271/04) e consentimento informado.

**Resultados:** 59 crianças, FE 19% (11/59), mediana (IQ<sub>25%</sub> e <sub>75%</sub>): idade 36(12-82) meses, peso 12(8-20) Kg, MAP 8(6-9) e IO 2(2-5), tempo de VPM no POC 1(1-3) dias. FE relacionada a mediana e IQ: maior IO [5(3-8) *versus* 2(2-4);  $P = 0.005$ ], RCF [8(6-11) *versus* 5(4-6);  $P = 0.002$ ] e maior tempo de VPM [3(2-5) *versus* 1(1-2) dias;  $P = 0.026$ ]; menor média  $\pm$  desvio padrão:  $V_E$  [1.7 $\pm$ 0.82 *versus* 3.0 $\pm$ 2.7 ml/Kg/min;  $P = 0.003$ ], PaO<sub>2</sub> [64 $\pm$ 34 *versus* 111 $\pm$ 50 mmHg;  $P = 0.002$ ] e PiMáx [53 $\pm$ 18 *versus* 78 $\pm$ 28 cmH<sub>2</sub>O;  $P = 0.002$ ]. Curva *ROC*: 100% de sensibilidade e 80% de especificidade no ponto de corte do IO  $\geq 2$  (área 0.74,  $P = 0.017$ ) e RCF  $\geq 4$  (área 0.80,  $P = 0.002$ ); 80% de sensibilidade e 60% de especificidade da PiMáx  $\leq -35$ cmH<sub>2</sub>O (área 0.23;  $P = 0.004$ ) para prever a FE desta amostra.

**Conclusão:** A FE das crianças em POC submetidas à VPM esteve relacionada a IO  $\geq 2$ , RCF  $\geq 4$ , tempo de VPM  $\geq 3$  dias,  $V_E \leq 1.7$  ml/Kg/min, PaO<sub>2</sub>  $\leq 64$ mmHg e PiMáx  $\leq 53$  cmH<sub>2</sub>O. A MAP, o diagnóstico de base, o IRS e os gases sanguíneos não estiveram relacionados com a FE.

**Palavras-chave:** doença cardíaca congênita, ventilação mecânica, preditores, extubação, pediatria, desmame.

**ABSTRACT**  
**POST CARDIAC SURGERY IN CHILDREN: EXTUBATION FAILURE PREDICTOR'S**

Johnston C, Piva JP, Carvalho WB, Celiny PG, Hommerding PX

**Objective:** Before withdrawn the tracheal tube of children submitted to cardiac surgery, we evaluate the mechanical ventilation (MV) parameter's, the rapid shallow breathing index (RSBI), the maximum inspiratory pressure (MIP), the maximum expiratory pressure (MEP) and the load/force balance (LFB) to evaluate its results on the extubation failure (EF).

**Method:** Prospective observational study (March 2004 to March 2006), enrolling children submitted to cardiac surgery admitted to the university PICU in Brazil and considered able to be extubated. Maintaining the children spontaneously breathing through the tracheal tube we evaluate: respiratory rate (RR), expiratory minute volume ( $V_E$ ), MIP and MEP, as well the RSBI [ $RR/(V_E/RR/Weight)$ ], LFB [ $15x [(3xMAP)/MIP]+0.03 x RSBI-5$ ], the mean airway pressure (MAP) and the oxygenation index (OI). Arterial blood gas was collected one hour before extubation. Statistical Analysis: continuous variables were compared with the Student's t-test (normal distribution) or the Mann-Whitney test (nonnormal distribution). Categorical variables were analyzed with Pearson's test or Fisher. Cut of with roc curve (sensivity and specificity).

**Results:** 59 children were included in the study (female=56%). EF was observed in 11 children (19%). The respective median ( $Q_{I_{25-75\%}}$ ) were the following: age 36 (12-82) months, weight 12(8-20) Kg, Ramsay sedation score 3(2-3), MAP 8(6-9) and OI 2(2-5), length of MV after cardiac surgery 1(1-3) days. The EF was associated with higher: OI [5(3-8) versus 2(2-4);  $P<0.01$ ], LFB [8(6-11) versus 5(4-6);  $P<0.01$ ]; lower  $V_E$  ( $1.7\pm 0.82$  versus  $3.0\pm 2.7$  ml/Kg/min;  $P=0.01$ ),  $PaO_2$  ( $64\pm 34$  versus  $111\pm 50$  mmHg;  $P<0.01$ ) and MIP ( $53\pm 18$  versus  $78\pm 28$  cmH<sub>2</sub>O;  $P<0.01$ ). Predicting EF: OI  $\geq 2$  (area under the ROC 0.74,  $P=0.017$ ) e LFB  $\geq 4$  (0.80,  $P=0.002$ ), with a sensibility of 100% and specificity of 80% for both indexes; sensibility of 80% and specificity of 60% for MIP  $\leq -35$ cmH<sub>2</sub>O (0.23;  $P=0.004$ ).

**Conclusion:** EF in children submitted to cardiac surgery is related to heigher OI, LFB and lengh of mechanical ventilation; lower  $V_E$ ,  $PaO_2$  and MIP. The kind of cardiac defect, the MAP and the RSBI were not related to EF.

**Key Words:** congenital heart disease, mechanical ventilation, predictors, extubation, children, weaning.

## INTRODUÇÃO

Vários são os fatores relacionados ao tempo de ventilação pulmonar mecânica (VPM) no pós-operatório de cardiopatia congênita em pediatria, dentre eles estão os fatores pré-operatórios (principalmente o tipo de cardiopatia), intraoperatórios [exemplos: tempo de circulação extracorpórea (CEC), tempo de anóxia] e pós-operatórios (exemplos: hipertensão pulmonar, cardiopatia residual, débito cardíaco baixo).<sup>1</sup>

A grande maioria dos pacientes no pós-operatório de cirurgia cardíaca (POC) são extubados nas primeiras seis horas após a cirurgia (*fast track extubation*). Entretanto, um pequeno percentual de pacientes necessitam de VPM prolongada, sendo maior o desafio no momento da extubação. Nestes casos, a falha da extubação ocorre em 10% dos casos,<sup>2</sup> o que aumenta a morbidade e a mortalidade neste grupo de pacientes.<sup>3</sup>

Na população pediátrica geral, em processo de extubação, tem-se utilizado índices ventilatórios (exemplo: índice de respiração rápida superficial – IRS,<sup>4</sup> produto do IRS <sup>4</sup> e força muscular inspiratória – PiMáx <sup>5</sup>), a análise dos parâmetros da VPM e dos gases sanguíneos pré-extubação, índice de oxigenação (IO) e pressão média das vias aéreas (MAP) para determinar o “momento ideal” da extubação.<sup>6</sup> Entretanto, especificamente para pacientes pediátricos em POC, que são mantidos em VPM, tem-se estudado fatores de risco relacionados às características clínicas e ao uso de drogas associados à falha da extubação,<sup>1,7-9</sup> não tendo sido estudados anteriormente os índices

---

ventilatórios como preditores de extubação neste grupo específico de pacientes pediátricos.

Desta forma, o objetivo deste estudo é identificar os fatores relacionados à falha da extubação de pacientes pediátricos no POC, no que se refere aos índices ventilatórios [IRS, relação carga/força (RCF),  $P_{iMáx}$ , força muscular expiratória ( $P_{eMáx}$ )], aos parâmetros da VPM, aos gases sanguíneos, IO e MAP avaliados antes da extubação.

## MÉTODO

Estudo transversal prospectivo, desenvolvido no período entre março de 2004 a março de 2006 na unidade de terapia intensiva pediátrica (UTIP) do Hospital São Lucas - PUCRS. Foram selecionadas as crianças mantidas em VPM invasiva no POC e aptas para a extubação segundo avaliação clínica. Mensurou-se *in loco* o volume minuto expirado ( $V_E$ ) com a conexão de um ventilômetro analógico ao tubo intratraqueal durante um minuto, para calcular o IRS  $[(FR/VC)/Peso]^4$  e RCF  $[15 \times (3 \times MAP) / (PiMáx + 0.03) \times IRS - 5]$ .<sup>10</sup> Com a conexão de um manovacuômetro analógico no tubo intratraqueal mensurou-se (20 segundos) a  $PiMáx$  e a  $PeMáx$ .<sup>5,11</sup> Também foram coletados os gases sanguíneos uma hora antes da extubação; tipo de doença cardíaca que necessitou de intervenção cirúrgica; idade; peso; sexo; escala de sedação Ramsay; MAP  $[(PIP - PEEP) \times [Ti / (Te + Ti)] + PEEP]$ ;<sup>12</sup> IO  $[(FiO_2 \times MAP / PaO_2) \times 100]$ <sup>12</sup> e tempo de utilização de VPM após a cirurgia.

*Análise Estatística:* variáveis não paramétricas, qui-quadrado de *Pearson*; paramétricas com distribuição normal, teste *t* de *Student* para duas amostras independentes; paramétricas sem distribuição normal, Mann-Whitney; ponto de corte (sensibilidade e especificidade), curva *ROC*. Programa SPSS versão 11.0 (SPSS Inc, Chicago, Illinois, USA). Aspectos éticos: aprovação do Comitê de Ética da PUCRS (CEP 271/04) e consentimento informado.

## RESULTADOS

Neste estudo observacional transversal, as características clínicas predominantes das crianças mantidas em VPM invasiva, no POC, na UTIP do Hospital São Lucas – PUCRS, no período entre março de 2004 a março de 2006 estão na Tabela 1.

**Tabela 1- Características dos pacientes após cirurgia cardíaca submetidos a ventilação pulmonar mecânica (VPM) e extubados.**

<b>Variáveis [mediana (IQ25-75%)]</b>	<b>n = 59</b>
Idade (meses)	36 (12-82)
Peso (Kg)	12 (8-20)
Sexo F:M (%)	33:26 (56:44)
Ramsay	3 (2-3)
MAP	8 (6-9)
IO	2 (2-5)
Tempo VPM (dias)	1 (1-3)

Legenda: Ramsay= escore de sedação; MAP= pressão média das vias aéreas [ $MAP = \{(PIP - PEEP) \times [Ti / (Te + Ti)]\} + PEEP$ ]; IO= índice de oxigenação [ $(FiO_2 \times MAP / PaO_2) \times 100$ ].

Na análise das características clínicas das crianças em POC, observou-se que houve diferença estatística significativa somente no tempo de VPM entre os grupos sucesso [GS= 1(1-2) dias] e falha [GF= 3(2-5) dias] da extubação (Tabela 2).

**Tabela 2 – Características clínicas das crianças no pós-operatório de cirurgia cardíaca, mantidas em ventilação pulmonar mecânica (VPM). Comparação entre aquelas que evoluíram com na falha e aquelas que evoluíram com sucesso da extubação.**

Variáveis	Falha = 11 (19%)	Sucesso = 48 (81%)	P
<b>Idade: mediana (IQ25-75%) (meses)</b>	16 (7-75)	44 (40 – 66)	0.21
<b>Peso: mediana (IQ25-75%) (Kg)</b>	9 (6-20)	13 (13-19)	0.17
<b>Sexo F:M</b>	8:3	27:21	0.60
<b>Ramsay</b>	3(3-4)	3(2-3)	0.12
<b>Diagnóstico clínico (nº casos)</b>			
- CIV	3	15	
- CIA	2	12	
- PCA	0	5	
- Tetralogia de <i>Fallot</i>	4	9	
- DSAV total	0	3	0.60
- Coartação da aorta	0	3	
- insuficiência mitral	2	0	
- Transposição de grandes artérias	0	1	
<b>Tempo VPM</b>	3 (2-5)	1 (1-2)	0.026

Legenda: CIV= comunicação interventricular; CIA= comunicação interatrial; PCA= canal atrial persistente; DSAV= drenagem anômala de veias pulmonares.

Não foram observadas diferenças significativas nos parâmetros da VPM (PIP, PEEP, FR, FiO<sub>2</sub>, Ti, Te e VC) utilizados uma hora antes da extubação da amostra. Entretanto, o GF apresentou um V<sub>E</sub> (1.7 ± 0.82) significativamente menor (P = 0.003) quando comparado ao GS (3.0 ± 2.7) (Tabela 3).

**Tabela 3 – Parâmetros da Ventilação Pulmonar Mecânica (VPM) no pós-operatório cardíaco, avaliados uma hora antes da extubação.**

Variáveis	Falha = 11 (19%)	Sucesso = 48 (81%)	P
PIP (cmH <sub>2</sub> O)	22 ± 7	24 ± 5	0.60
PEEP (cmH <sub>2</sub> O)	6 ± 2	5 ± 2	0.10
FR (ipm)	13 ± 9	12 ± 5	0.60
FIO <sub>2</sub> (%)	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.1	-----
Ti (seg)	0.8 ± 0.1	0.8 ± 0.1	-----
Te (seg)	5±3	6±3	0.64
VC (ml/Kg)	7.6 ± 11.8	6.3 ± 4.8	0.73
V <sub>E</sub> (ml/Kg/min)	1.7 ± 0.82	3.0 ± 2.7	0.003

Legenda: PIP = pico de pressão inspiratória; PEEP = pressão expiratória positiva; FR = frequência respiratória; FIO<sub>2</sub> = fração inspirada de oxigênio; Ti = tempo inspiratório; Te = tempo expiratório; VC = volume corrente; V<sub>E</sub> = volume-minuto expiratório

Analisando as características ventilatórias da amostra verificou-se, que o GF apresentou uma média ± desvio padrão da pressão parcial de oxigênio [PaO<sub>2</sub> (64±34) *versus* (111±50); P = 0.002] significativamente menor do que o GS, não houve diferenças significativas quanto aos demais dados da gasometria arterial entre os grupos. Na análise dos índices ventilatórios, observou-se que o GF apresentou valores significativamente menores da PiMáx [(53±18) *versus* (78±28); P = 0.002] em relação ao GS; maior mediana e intervalo interquartil 25 e 75% da RCF [8(6-11) *versus* 5(4-6); P=0.002] e maior valor do IO [5(3-8) *versus* 2(2-4); P=0.005] (Tabela 4).

Ponto de corte pela curva ROC: RCF  $\geq 4$  (área 0.80;  $P=0.002$ ), IO  $\geq 2$  (área 0.74;  $P=0.017$ ) ambos com 100% de sensibilidade e 80% de especificidade. PiMáx  $\leq -35\text{cmH}_2\text{O}$  (área 0.23;  $P= 0.004$ ) com 80% de sensibilidade e 60% de especificidade.

**Tabela 4- Características da gasometria arterial, PiMáx, PeMáx, IRS, relação carga/força, MAP e IO antes da extubação.**

Variáveis	Falha = 11 (19%)	Sucesso = 49 (81%)	P
pH	7.38 $\pm$ 0.7	7.40 $\pm$ 0.8	0.32
PaCO <sub>2</sub> (mmHg)	37 $\pm$ 10	35 $\pm$ 10	0.54
PaO <sub>2</sub> (mmHg)	64 $\pm$ 34	111 $\pm$ 50	0.002
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	21 $\pm$ 5	21 $\pm$ 4	0.83
SaO <sub>2</sub> (%)	87 $\pm$ 22	95 $\pm$ 9	0.30
PiMáx (cmH <sub>2</sub> O)	53 $\pm$ 18	78 $\pm$ 28	0.002
PeMáx (cmH <sub>2</sub> O)	60 $\pm$ 26	74 $\pm$ 22	0.14
IRS (FR/min/mL/Kg)	9 (-10-58)	6 (6-13)	0.22
Relação carga/força	8 (6-11)	5 (4-6)	0.002
MAP	8 (7-11)	8 (7-8)	0.20
IO	5 (3-8)	2 (2-4)	0.005

Legenda: PaCO<sub>2</sub> = pressão parcial de gás carbônico; PaO<sub>2</sub> = pressão parcial de oxigênio; IRS = índice de respiração rápida superficial; PiMáx = pressão inspiratória máxima; PeMáx = pressão expiratória máxima; MAP = pressão média nas vias aéreas; IO = índice de oxigenação

## DISCUSSÃO

Até o momento, não existem preditores de alterações da mecânica ventilatória (MV), para crianças em POC, que possam ser utilizados para estabelecer a retirada da VPM com sucesso. A decisão de extubação nestes casos tem sido baseada na estabilidade clínica e nos gases sanguíneos.<sup>2,13</sup>

Alguns estudos<sup>1,2,14-17</sup> identificaram como fatores de risco para falha da extubação de crianças em POC, em diversas situações: Pré-operatórios: tipo de cardiopatia, utilização de VPM prévia, hipertensão pulmonar, Síndrome de Down; Intraoperatórios: tempo de CEC, tipo de correção cirúrgica, parada circulatória com hipotermia profunda; Pós-operatório: infecção, arritmias, doença pulmonar, suporte inotrópico por mais do que 48hs, paralisia diafragmática, traqueobroncomalácea, tórax aberto, atelectasias.

As alterações da MV no POC podem interferir no sucesso da extubação em pediatria, entretanto este assunto não foi discutido em estudos anteriores,<sup>1,3,11,14,18</sup> apresentando resultados escassos e conflitantes quando se analisa a MV desta população.<sup>19</sup> A monitorização e a avaliação da MV são fundamentais em terapia intensiva para auxiliar na decisão de submeter ou não o paciente a VPM, monitorar os parâmetros estabelecidos na VPM, determinar a progressão da doença e auxiliar no processo de desmame da VPM e extubação.<sup>11,20</sup> Dentre as alterações da MV, uma das estudadas no POC<sup>21</sup> (com pacientes adultos) foram as alterações da caixa torácica (a esternotomia e a CEC, que determinam um aumento da elastância do sistema ventilatório). Os

---

estudo em pediatria<sup>22,23</sup> que a valiam a MV, demonstrando aumento da complacência dinâmica e da resistência total do sistema ventilatório no POC, não correlacionam a esta avaliação com a falha da extubação.

Os critérios de extubação para os pacientes com cardiopatia congênita são iguais a qualquer outro tipo de paciente em VPM<sup>24,25</sup>. Entretanto, no POC a criança deve apresentar os seguintes critérios para a extubação: estar desperta, reativa e com bom tônus muscular; débito cardíaco adequado (de acordo com a idade) com mínimo suporte inotrópico; PaO<sub>2</sub> entre 80mmHg e 100mmHg; com FiO<sub>2</sub> < 0.50% (exceto em cardiopatias cianóticas); temperatura retal 36°C; sem evidência de acidose metabólica, nem secreção abundantes nas vias aéreas ou em crise convulsiva; débito do dreno torácico < 1ml/Kg/h; hemostasia controlada.<sup>25</sup>

Não existem preditores específicos, até então, para conseguir uma extubação com sucesso em crianças com cardiopatia congênita. Existe uma tendência crescente em se realizar uma extubação precoce (*fast traking extubation*) no bloco cirúrgico ou imediatamente a entrada na unidade de terapia intensiva.<sup>23,26</sup>

Neste estudo, com crianças no POC pudemos observar que as crianças com: tempo de VPM  $\geq 3$  dias; V<sub>E</sub>  $\leq 1.7$  ml/Kg/min; PaO<sub>2</sub>  $\leq 64$  mmHg; PiMáx  $\leq -53$  cmH<sub>2</sub>O; RCF= 8 e IO  $\geq 5$  apresentaram falha da extubação, com melhor ponto de corte para prever a falha da extubação: RCF  $\geq 4$ ; IO  $\geq 2$  e PiMáx  $\leq -35$ cmH<sub>2</sub>O. Não foi possível identificar o risco destas variáveis para falha da

---

extubação, através da regressão logística, pois o número de casos de falha da extubação nestas variáveis foi pequeno para este tipo de análise.

Algumas limitações deste estudo devem ser consideradas, como o pequeno número da amostra, a ausência de um protocolo de desmame da VPM e de extubação precoce destes pacientes. Entretanto, mesmo considerando tais limitações os fatores aqui identificados parecem ter uma grande relevância na falha de extubação de crianças em pós-operatório de cirurgia cardíaca. Novos estudos, com maior número de pacientes poderão definir a contribuição individual de cada variável e o seu respectivo risco associado para falha de extubação nesta população.

## **CONCLUSÕES**

Este foi o primeiro estudo avaliando os índices ventilatórios ( $PiMáx$ ,  $PeMáx$ , VC espontâneo,  $V_E$  e RCF) de crianças no POC. Apesar de terem sido encontrados alguns resultados positivos, ainda são necessários outros estudos prospectivos com protocolos estabelecidos e com amostras maiores para confirmar estes resultados.

---

**REFERÊNCIAS**

1. Székely A, Sapi E, Kiraly L *et al.* Intraoperative and postoperative risk factors for prolonged mechanical ventilation after pediatric cardiac surgery. *Paediatr Anaesth* 2006;16:1166-75.
  2. Harrison AM, Cox AC, Davis S *et al.* Failed extubation after cardiac surgery in young children: Prevalence, pathogenesis, and risk factors. *Pediatr Crit Care Med* 2002;3:148-52.
  3. Ten Harkel AD, van der Vorst MM, Hazekamp MG *et al.* High mortality rate after extubation failure after pediatric cardiac surgery. *Pediatr Cardiol* 2005;26:756-61.
  4. Noizet O, Leclerc F, Sadik A *et al.* Does taking endurance into account improve the prediction of weaning outcome in mechanically ventilated children? *Critical Care* 2005;9:798-807.
  5. ATS/ERS statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166: 518–624.
  6. El-Katib MF, Baumeister B, Smith PG *et al.* Inspiratory pressure/maximal inspiratory pressure: does it predict successful extubation in critically ill infants and children? *Intensive Care Med* 1996; 22:264-8.
  7. Bandla HP, Hopkins RL, Beckerman RC *et al.* Pulmonary risk factors compromising postoperative recovery after surgical repair for congenital heart disease. *Chest* 1999;116:740-7.
-

8. Brown KL, Ridout DA, Goldman AP *et al.* Risk factors for long intensive care unit stay after cardiopulmonary bypass in children. *Crit Care Med* 2003;31:28-33.
  9. la Reguera G, Buendia A. Risk factors for prolonged mechanical ventilation after surgical repair of congenital heart disease. *Arch Cardiol Mex* 2005;75:402-7.
  10. Vassilakopoulos T, Routsis C, Sotiropoulou C *et al.* The combination of the load/force balance and the frequency/idal volume can predict weaning outcome. *Intensive Care Med* 2006;32:684-91.
  11. Arunabh, Feinsilver SH. Respiratory monitoring. *Respir Care Clin N Am* 2000;6:523-43.
  12. Fontela PS, Piva JP, Garcia PC *et al.* Risk factors for extubation failure in mechanically ventilated pediatric patients. *Pediatr Crit Care Med* 2005;6:166–70.
  13. Neirotti RA, Jones D, Hackbarth R *et al.* Early extubation in congenital heart surgery. *Heart Lung Circ* 2002;11:157-61.
  14. Limperopoulos C, Majnemer A, Shevell MI *et al.* Predictors of developmental disabilities after open heart surgery in young children with congenital heart defects. *J Pediatr* 2002;141:51-8.
  15. Nozawa E, Azeka E, Ignez Z M *et al.* Factors associated with failure of weaning from long-term mechanical ventilation after cardiac surgery. *Int Heart J* 2005;46:819-31.
-

16. Suominen P, Palo R, Sairanen H *et al.* Perioperative determinants and outcome of cardiopulmonary arrest in children after heart surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001;19:127-34.
  17. Vida VL, Leon-Wyss J, Rojas M *et al.* Pulmonary artery hypertension: is it really a contraindicating factor for early extubation in children after cardiac surgery? *Ann Thorac Surg* 2006;81:1460-5.
  18. Fischer JE, Allen P, Fanconi S. Delay of extubation in neonates and children after cardiac surgery: impact of ventilator-associated pneumonia. *Intensive Care Med* 2000;26:942-9.
  19. Stayer SA, Diaz LK, East DL *et al.* Changes in respiratory mechanics among infants undergoing heart surgery. *Anesth Analg* 2004;98:49-55.
  20. Manczur TI, Greenough A, Pryor D *et al.* Assessment of respiratory drive and muscle function in the pediatric intensive care unit and prediction of extubation failure. *Pediatr Crit Care Med* 2000;1:124-6.
  21. Ranieri VM, Vitale N, Grasso S *et al.* Time-course of impairment of respiratory mechanics after cardiac surgery and cardiopulmonary bypass. *Lippincott Williams & Wilkins* 1999; 27:1454-60.
  22. Habre W, Schutz N, Pellegrini M *et al.* Preoperative pulmonary hemodynamics determines changes in airway and tissue mechanics following surgical repair of congenital heart diseases. *Pediatr Pulmonol* 2004;38:470-6.
  23. Kloth RL, Baum VC. Very early extubation in children after cardiac surgery. *Crit Care Med* 2002;30:787-91.
-

24. Santschi M, Gauvin F, Hatzakis G *et al.* Acceptable respiratory physiologic limits for children during weaning from mechanical ventilation. *Intensive Care Med* 2007;33:319-25.
  25. Vazquez Martinez JL, Martos SI, Alvarez RE *et al.* Ventilation in special situations. Mechanical ventilation in congenital cardiopathies and pulmonary hypertension. *An Pediatr (Barc)* 2003;59:372-6.
  26. Davis S, Worley S, Mee RB *et al.* Factors associated with early extubation after cardiac surgery in young children. *Pediatr Crit Care Med* 2004;5:63-8.
-

---

## **CAPÍTULO IV**

---

## **CONCLUSÕES**

Neste estudo, observou-se que as características demográficas com diferença estatística significativa entre os grupos sucesso (GS) e falha (GF) da extubação, por diagnóstico clínico foram: idade (meses), peso (Kg) e tempo de ventilação pulmonar mecânica (VPM). Entretanto, quando estas variáveis foram colocadas em um modelo de regressão logística, após encontrar o seu melhor ponto de corte (curva *ROC*), verificou-se que a única variável demográfica que representou risco para falha da extubação foi o tempo de VPM (dias)  $\geq 7$  dias.

Foi possível verificar que não houve diferença estatística significativa nos parâmetros da VPM, coletados uma hora antes da extubação, por diagnóstico clínico, entre os GS e GF da extubação. Apenas a pressão média nas vias aéreas (MAP) apresentou significância estatística. Desta forma, os parâmetros da VPM uma hora antes da extubação não foram fatores preditores de falha da extubação. Entretanto, quando colocados em um modelo de regressão

---

logística, a MAP e o índice de oxigenação (IO), respectivamente, apresentou e não apresentou risco para a falha da extubação.

Dentre os gases sanguíneos analisados, apenas a pressão parcial de gás carbônico ( $\text{PaCO}_2$ ) apresentou diferença estatística significativa entre GS e GF da extubação. Entretanto, quando colocada em modelo de regressão logística não demonstrou ser um fator de risco para a falha da extubação.

Os índices ventilatórios [índice de respiração rápida superficial (IRS), força da musculatura inspiratória ( $\text{PiMáx}$ ) e expiratória ( $\text{PeMáx}$ ), relação/carga força (RCF), volume corrente (VC) espontâneo, volume minuto expiratório ( $V_E$ )] foram avaliados para identificar os fatores preditivos de falha da extubação para crianças submetidas à VPM e classificadas por diagnóstico clínico.

Dentre os índices avaliados, aqueles que apresentaram diferença significativa entre os GS e GF, por diagnóstico clínico são: VC (ml/Kg) espontâneo,  $\text{PiMáx}$  (-cmH<sub>2</sub>O) e RCF. Quando estas variáveis foram colocadas em modelo de regressão logística, após identificado o seu melhor ponto de corte através da curva ROC, demonstraram ser fatores de risco para a falha da extubação: VC espontâneo  $\geq 8$  ml/Kg,  $\text{PiMáx} \geq -50$  cmH<sub>2</sub>O, RCF  $\geq 4.5$  e  $V_E \leq 1.5$  ml/Kg/min. Os pontos de corte do IRS e da  $\text{PeMáx}$  não demonstraram ser fatores de risco para a falha da extubação.

Selecionou-se dez variáveis [Idade  $\leq 6$  meses, Peso  $\leq 5$  Kg, tempo de VPM (dias)  $\geq 7$  dias,  $\text{PaCO}_2 \geq 45$  mmHg, MAP  $\geq 8$ , IO  $\geq 3$ ,  $V_E \leq 1.5$  ml/Kg/min, VC espontâneo  $\geq 8$  ml/Kg,  $\text{PiMáx} \geq -50$  cmH<sub>2</sub>O e RCF  $\geq 4.5$ ] com significância

estatística na análise multivariada para criar um Índice de Risco para Falha da Extubação. Com este índice, indentificou-se que as crianças com diagnóstico de BA com até dois e de três a cinco destes fatores de risco apresentaram 10% e com seis ou mais 35% de risco para falha da extubação; POC com até dois fatores 5%, de três a cinco 30% e com seis ou mais 60% de risco para falha da extubação; DN com até dois 5%, de três a cinco 45% e com seis ou mais fatores 100% de risco de falha da extubação.

Este estudo apresentou algumas limitações, como o fato de não haver um protocolo de desmame da VPM na unidade de terapia intensiva pediátrica onde foi realizada a coleta de dados. O tamanho da amostra, após a mesma ser subdividida por diagnóstico clínico, pode ter influenciado nas diferenças encontradas nas variáveis entre os GS e GF da extubação e, conseqüentemente interferido no número de fatores de risco encontrados para a falha da extubação por diagnóstico clínico.

São necessários outros estudos prospectivos, com protocolos de desmame da VPM e de extubação definidos. Para confirmar os resultados, dos pontos de corte dos fatores de risco para a falha da extubação em pediatria por diagnóstico clínico, encontrados neste estudo.

---

---

## **CAPÍTULO V**

---

## **OUTROS RESULTADOS**

No período de execução deste estudo (entre março de 2004 a março de 2006) foram internadas na UTIP 1.359 crianças [ano de 2004 = 689 pacientes; ano de 2005 = 523 pacientes; de janeiro a março de 2006 = 147 pacientes (dados coletados do serviço de cadastro de internações hospitalares do HSL)], destas 951 crianças foram submetidas à VPM (70% da internação total).

Das 951 crianças em VPM, foram excluídas: 190 (20%) crianças traqueostomizadas; 228 (24%) crianças que foram extubadas no turno da noite; 42 crianças (4.4%) que foram à óbito antes da extubação; 95 crianças (10%) que apresentaram extubação acidental, o que impossibilitou as aferições pré-extubação; 77 crianças (8%) cujos responsáveis legais não assinaram o TCI, por não aceitarem a participação da criança ou por não terem sido encontrados antes da extubação; 45 crianças (5%) não participaram do estudo pois a pesquisadora principal não estava presente no momento da extubação

---

(perdas). Desta forma, foi possível incluir neste estudo 274 crianças em processo de extubação no período referido.

A amostra total deste estudo (274 crianças) foi subdividida por diagnóstico clínico mais freqüente [BA = 90 casos; pós-operatório cardíaco (POC) = 59 casos; e doença neurológica (DN) = 43 casos] com a finalidade de comparar os grupos falha (GF) e sucesso (GS) da extubação entre os diagnósticos clínicos. Desta forma, para a comparação entre os diagnósticos clínicos foi utilizada a amostra de 192 crianças. As demais 82 crianças, da amostra total, foram excluídas da análise por diagnóstico clínico, pois apresentaram diagnósticos distintos (formando grupos de no máximo seis pacientes com diagnóstico em comum).

### **Análise da amostra total (N= 274)**

Na análise da mostra, que preencheu os critérios de inclusão para este estudo (N= 274), 113 (41%) foram do sexo feminino e 161 (59%) do masculino. A falha da extubação ocorreu em 22% da amostra (61/213). A freqüência e o percentual do diagnóstico clínico principal, do procedimento cirúrgico, dos óbitos após a extubação e o motivo do uso da ventilação pulmonar mecânica (VPM) da amostra podem ser observadas na Tabela 1. Assim como a freqüência e percentual do modo ventilatório utilizado na VPM, tipo de raio-x de tórax uma hora antes da extubação, prematuridade e motivo da falha da extubação podem ser observadas na Tabela 2. Na Tabela 3 são apresentadas, em freqüência e percentual, as doenças associadas desta amostra.

---

Na Tabela 4, estão as médias  $\pm$  o desvio padrão da média (dp) das variáveis contínuas e as medianas e seu intervalo interquartil (IQ 25%-75%) das variáveis não paramétricas da amostra geral (274 crianças) que foi submetida à VPM e extubada. Constam nesta tabela as variáveis demográficas, os parâmetros da VPM utilizados e os gases sanguíneos coletados uma hora antes da extubação, os índices ventilatórios mensurados imediatamente antes da extubação e os sinais vitais coletados uma hora após a extubação.

#### **Análise da amostra total (N= 274) comparando os grupos falha e sucesso da extubação**

Na Tabela 5, estão os resultados da comparação das variáveis demográficas, parâmetros da VPM utilizados e gases sanguíneos coletados uma hora antes da extubação, índices ventilatórios mensurados imediatamente antes da extubação e os sinais vitais coletados uma hora após a extubação entre os grupos falha (GF) e sucesso (GS) da extubação. As variáveis: doenças associadas ( $P= 0.42$ ), procedimento cirúrgico ( $P= 0.80$ ), motivo da falha da extubação ( $P= 0.29$ ), motivo de uso da VPM ( $P= 0.29$ ) e tipo de modo ventilatório utilizado na VPM ( $P= 0.06$ ) não mostraram diferença significativa entre os GF e GS da extubação.

---

**Análise da amostra (N= 192) por diagnóstico clínico mais freqüente, comparando os GF e GS da extubação**

A Tabela 6 demonstra a comparação entre os diagnósticos clínicos mais freqüentes [bronquiolite aguda (BA), doenças neurológicas (DN) e pós-operatório cardíaco (POC)] da amostra (N= 192). O escore de risco de mortalidade em pediatria (PRISM)<sup>2</sup> foi excluído da análise do grupo POC, pois o escore de mortalidade adequado e validado para esta população é o escore de Jenkis.<sup>1,3</sup>

**Pontos de corte através da *operating receiver curve* (curva ROC), sensibilidade e especificidade das nove variáveis contínuas, que apresentaram significância estatística na análise univariada**

Ponto de corte, área abaixo da curva ROC, a sensibilidade e especificidade das dez variáveis são demonstrados nos Gráficos sem numeração.

**Análise dos fatores de risco para extubação por diagnóstico clínico**

A Tabela 7 demonstra a razão de chance (*odds ratio*) e seu intervalo de confiança de 95% para as variáveis que apresentaram significância estatística da Tabela 6.

---

**Índice de risco para a falha da extubação**

O índice de risco para a falha da extubação foi criado a partir das dez variáveis (idade, peso, tempo de VPM, PaCO<sub>2</sub>, PiMáx, relação carga/força, MAP, IO, VC e V<sub>E</sub> – independente de quais fossem elas) que apresentaram significância estatística na análise univariada (Tabela 6). Os resultados deste índice estão demonstrados nos Gráficos 1 a 4.

---

## REFERÊNCIAS

1. Jenkins KJ. Variability in outcomes of congenital heart surgery. *Prog Pediatr Cardiol* 2003;18:27-32.
  2. Pollack M. Escore de risco de mortalidade pediátrica. In: Piva J, Carvalho PR, Garcia PC, eds. *Terapia Intensiva em Pediatria*. Rio de Janeiro: Editora Medsi; 1992. p.689-702.
  3. Szekely A, Sapi E, Kiraly L *et al*. Intraoperative and postoperative risk factors for prolonged mechanical ventilation after pediatric cardiac surgery. *Paediatr Anaesth* 2006;16:1166-75.
-

**Tabela 1-** Frequência e percentual de diagnóstico clínico principal, procedimento cirúrgico, óbitos após a extubação e motivo do uso de ventilação pulmonar mecânica da amostra geral de 274 crianças.

<b>Diagnóstico Clínico Principal</b>	<b>N(%)</b>
Bronquiolite aguda	90(33)
Pós-operatório cardíaco	59(22)
Outras doenças respiratórias	43(16)
Doenças neurológicas	43(16)
Outras doenças	39(13)
<b>Procedimento Cirúrgico</b>	
Não	155(57)
Cardíaco	59(22)
Abdominal	29(11)
Neurocirurgia	16(5)
Torácica	8(3)
Outras	7(2)
<b>Óbitos após a extubação</b>	
Não	266(97)
Sim	8(3)
<b>Motivo do uso da VPM</b>	
IRA	259(95)
IC	15(5)

**Legenda:** IC= insuficiência cardíaca; IRA= insuficiência respiratória aguda;VPM= ventilação pulmonar mecânica.

**Tabela 2** – Frequência e percentual do modo ventilatório utilizado na ventilação pulmonar mecânica, tipo de raio-x de tórax uma hora antes da extubação, prematuridade e motivo da falha da extubação da amostra geral de 274 crianças.

<b>Modo ventilatório em VPM</b>	<b>N(%)</b>
SIMV	217(79)
IMV	33(12)
CPAP	24(9)
<b>Raio-x de tórax</b>	
Normal	173(63)
Atelectasia à direita	53(19)
Consolidação	31(11)
Atelectasia à esquerda	10(4)
Atelectasia à direita e esquerda	7(3)
<b>Prematuridade</b>	<b>N(%)</b>
Não	215(78)
Sim	59(22)
<b>Motivo da falha da extubação (falha n= 61)</b>	
Fadiga	26(43)
BCP aspirativa	7(12)
Obstrução alta	7(12)
Sepse	6(10)
Sedação	5(8)
Pneumonia	5(8)
Abstinência às drogas	2(3)
Queda do sensório	2(3)
Edema pulmonar	1(1)

**Legenda:**

BCP= broncopneumonia; CPAP= pressão positiva contínua nas vias aéreas; IMV= ventilação mandatória intermitente; SIMV= ventilação mandatória intermitente sincronizada.

Tabela 3 - Doenças associadas da amostra geral (N= 274)

<b>Doenças Associadas</b>	<b>N (%)</b>
<b>Cardíacas (32%)</b>	
-CIV	20(8)
-CIA	16(6)
-Tetralogia de Falott	15(5.5)
-DSAV total	12(4)
-PCA	7(2.5)
-miocardite	4(1.5)
-coartação da aorta	4(1.5)
-transposição de grandes vasos da base	4(1.5)
-insuficiência mitral	3(1)
<b>Respiratórias (24%)</b>	
-asma	16(6)
-BO	9(3.3)
-pneumonia	8(3)
-pneumotórax	7(2.5)
-derrame pleural	7(2.5)
-fibrose cística	5(1.8)
-SDRA	3(1)
-DBP	2(0.7)
-laringotraqueomalácea	2(0.7)
-empiema pulmonar	2(0.7)
-estenose subglótica	2(0.7)
-bronquite plástica	1(0.4)
-hipertensão pulmonar	1(0.4)
-crupe	1(0.4)
<b>Neurológicas (16%)</b>	
-Síndrome de Down	12(4)
-paralisia cerebral	12(4)
-hidrocefalia	8(3)
-Duchene	3(1)
-neuroblastoma	3(1)
-meduloblastoma	3(1)
-Síndrome de West	3(1)
-Guillain Barré	2(0.7)
-TCE	2(0.7)
<b>Gástricas e Intestinais (12%)</b>	
-RGE	8(3)
-enterocistoplastia	8(3)
-estenose hipertrófica de piloro	7(2.5)
-atresia de vias biliares	4(1.5)
-volvo gástrico	3(1)
-atresia de esôfago	3(1)
-peritonite	1(0.4)
<b>Outros (16%)</b>	
-insuficiência renal crônica	14(5)
-cetoacidose diabética	5(1.8)
-sepsis	5(1.8)
-leucemia linfóide aguda	4(1.5)
-pós-operatório de escoliose	4(1.5)
-meningococcemia	3(1)
-atrofia vesical	3(1)
-transplante renal	3(1)
-pancreatite aguda	2(0.7)
-febre reumática	1(0.4)

**Legenda:** BO= bronquiolite obliterante; CIV= comunicação interventricular; CIA= comunicação interatrial; DBP= displasia broncopulmonar; DSAV= drenagem anômala de veias pulmonares; PCA= canal atrial persistente; RGE= refluxo gastroesofágico; SDRA= síndrome do desconforto respiratório agudo; TCE= traumatismo cranioencefálico.

**Tabela 4** - Variáveis demográficas, parâmetros da ventilação pulmonar mecânica e gases sanguíneos uma hora antes da extubação, índice ventilatórios imediatamente antes da extubação e sinais vitais após uma hora da extubação da amostra.

Variáveis	Média ± dp	Mediana (IQ 25%-75%)
<b>Variáveis demográficas</b>		
Idade (Kg)	36.3±45.4	12(4-60)
Peso (meses)	12.7±10.8	8.5(5.4-17)
PRISM	-----	18(14-21)
Glasgow	-----	12(12-13)
Ramsay	-----	3(2-3)
<b>Parâmetros da VPM e Equações</b>		
PIP (cmH <sub>2</sub> O)	24±7	25(25-28)
PEEP (cmH <sub>2</sub> O)	5±2	5(4-6)
FR (cpm)	11±5	10(6-12)
Ti (seg)	0.82±0.1	0.8(0.8-0.85)
Te (seg)	6±3	5.2(4-9)
FiO <sub>2</sub> (%)	0.3±0.1	0.3(0.3-0.35)
MAP	8±3	7.4(6-9)
IO	-----	3(2-4)
<b>Gases sanguíneos</b>		
pH	7.41±0.1	7.40(7.37-7.45)
PaCO <sub>2</sub> (mmHg)	38±10	37(31-44)
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	23±7	23(19-27)
BE	-0.7±5	0(-4-3)
PaO <sub>2</sub> (mmHg)	91±40	87(64-112)
SaO <sub>2</sub> (%)	91±12	96(90-98)
Sódio	137±5	138(136-140)
Potássio	4.2±0.8	4.1(3.7-4.6)
Cálcio	5±1.6	4.6(4.2-5)
<b>Índices ventilatórios pré-extubação</b>		
FR em tubo T (cpm)	32±11	30(25-37)
V <sub>E</sub> (ml/Kg/min)	2.5±1.8	2(1.4-3.1)
VC (ml/Kg) espontâneo	8.8±7.3	7(3-12)
PiMáx (cmH <sub>2</sub> O)	74±29	70(50-100)
PeMáx (cmH <sub>2</sub> O)	65±28	60(50-80)
IRS (FR/min/ml/Kg)	-----	4.4(3-8)
RCF	-----	5(4-7)
<b>Sinais vitais 1h após extubação</b>		
FR (cpm)	34±13	32(24-41)
FC (bpm)	130±25	130(112-144)
FiO <sub>2</sub> (l/min)	3±0.1	3(3-3)
SaO <sub>2</sub> (%)	97±5	100(96-100)
<b>Tempo de VPM (dias)</b>	<b>7±14</b>	<b>3.5(1-7)</b>

**Legenda:** BE= excesso de base; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>= bicarbonato; PIP = pico de pressão inspiratória; PEEP = pressão expiratória positiva; FR = frequência respiratória; FiO<sub>2</sub> = fração inspirada de oxigênio; Ti = tempo inspiratório; Te= tempo expiratório; VC = volume corrente; V<sub>E</sub> = volume minuto expiratório; PaCO<sub>2</sub> = pressão parcial de gás carbônico; PaO<sub>2</sub> = pressão parcial de oxigênio; IRS = índice de respiração rápida superficial; PiMáx = pressão inspiratória máxima; PeMáx = pressão expiratória máxima; MAP = pressão média nas vias aéreas; IO = índice de oxigenação; RCF= relação carga/força; FC= frequência cardíaca; SaO<sub>2</sub> = saturação arterial de oxigênio; cpm= ciclos por minuto; PRISM= escore de risco de mortalidade em pediatria; Glasgow= escore de coma; Ramsay= escala de sedação.

**Tabela 5-** Comparação das variáveis demográficas, parâmetros da ventilação pulmonar mecânica e gases sanguíneos uma hora antes da extubação, índice ventilatórios imediatamente antes da extubação e sinais vitais após uma hora da extubação entre os grupos falha e sucesso da extubação.

Variáveis	Falha N = 61 (22%)	Sucesso N = 213 (78%)	P
<b>Variáveis demográficas</b>			
Peso (Kg)	14±12	12±11	0.25
Idade (meses)	45±54	34±42	0.13
PRISM	16(15-18)	18(16-18)	0.25
Ramsay	3(2.5-3.0)	3(2.8-3.0)	0.31
Glasgow	12(11-12)	12(12-13)	0.03
<b>Parâmetros da VPM e Equações</b>			
PIP (cmH <sub>2</sub> O)	25±8	24±7	0.22
PEEP (cmH <sub>2</sub> O)	6±3	5±2	0.020
FR (cpm)	12±6	10±5	0.034
Ti (seg)	0.82±0.1	0.82±0.1	0.86
Te (seg)	5.2±2.4	6.2±2.8	0.005
FiO <sub>2</sub> (%)	0.35±0.2	0.32±0.1	0.09
MAP	8(8-10)	7(7-8)	0.001
IO	4(4-7)	3(3-4)	0.003
<b>Gases sanguíneos</b>			
pH	7.41±0.1	7.41±0.1	-----
PaCO <sub>2</sub> (mmHg)	36±10	38±10	0.15
PaO <sub>2</sub> (mmHg)	78±32	95±41	0.002
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	21±7	24±7	0.028
DB	-2±6	-1±5	0.13
SaO <sub>2</sub> (%)	89±14	92±12	0.20
Sódio	138±4	137±5	0.73
Potássio	4.2±0.1	4.2±0.1	-----
Cálcio	5.2±2	5.0±2	0.29
<b>Sinais vitais avaliados 1h após a extubação</b>			
FR (cpm)	39±15	32±11	0.002
FC (bpm)	132±20	129±27	0.37
SaO <sub>2</sub> (%)	94±8	98±3	0.001
FiO <sub>2</sub> (l/min)	3±1	2±1	0.051
<b>Índices ventilatórios</b>			
V <sub>E</sub> (ml/Kg/min)	1.6±1	2.8±2	0.001
FR (cpm) em tubo T	32±11	32±11	-----
VC (ml/Kg) espontâneo	6.5±7.4	9.4±7.1	0.008
IRS	8(8-21)	4(5-8)	0.001
PiMáx (-cmH <sub>2</sub> O)	50±18	80±28	0.001
PeMáx (cmH <sub>2</sub> O)	49±27	69±27	0.001
Relação carga/força	8(8-12)	4(4-5)	0.001
<b>Tempo VPM (dias)</b>	5(5-12)	3(4-8)	0.016
<b>Prematuridade n°(%)</b>			
-sim	20 (33)	43(20)	0.04*
-não	41 (67)	170(80)	

\*variáveis com significância estatística (P ≤ 0.05).

**Legenda:** BE= excesso de base;HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>= bicarbonato;PIP= pico de pressão inspiratória;PEEP= pressão expiratória positiva;FR= frequência respiratória;FiO<sub>2</sub>= fração inspirada de oxigênio;Ti= tempo inspiratório; Te= tempo expiratório;VC= volume corrente;V<sub>E</sub>= volume minuto expiratório;PaCO<sub>2</sub>= pressão parcial de gás carbônico;PaO<sub>2</sub>= pressão parcial de oxigênio;IRS= índice de respiração rápida superficial;PiMáx= pressão inspiratória máxima;PeMáx= pressão expiratória máxima;MAP= pressão média nas vias aéreas;IO= índice de oxigenação;RCF= relação carga/força; FC= frequência cardíaca;SaO<sub>2</sub>= saturação arterial de oxigênio;cpm= ciclos por minuto;PRISM= escore de risco de mortalidade em pediatria; Glasgow= escore de coma; Ramsay= escala de sedação.

**Tabela 6- Comparação das variáveis avaliadas entre falha e sucesso da extubação, entre os grupos de diagnóstico clínico bronquiolite aguda, pós-operatório cardíaco e doenças neurológicas**

Variáveis	Falha versus Sucesso N= 192			Significância estatística (P) comparando o GF por diagnóstico clínico
Diagnósticos	Bronquiolite aguda N= 90	Pós-operatório cardíaco N= 59	Doenças neurológicas N= 43	----
<b>Falha:Sucesso nº (%)</b>	73:17 (81:19)	11:48 (19:81)	14:29 (33:67)	0.06
<b>Variáveis demográficas</b>				
Idade (meses)	[3 (3-6)] vs [4 (4-5)] P= 0.022	[16 (7-75)] vs [44 (40 – 66)] P= 0.21	[66 (24-120)] vs [60 (21-84)] P= 0.24	0.001*
Peso (Kg)	[5 (4-6)] vs [5 (5-6)] P= 0.08	[9 (6-20)] vs [13 (13-19)] P= 0.17	[21 (13-30)] vs [14 (11-23)] P= 0.56	0.001*
Sexo F:M (%)	9:8 (45:28) P= 0.51	8:3 (27:21) P= 0.60	5:9 (10:19) P= 0.94	0.40
Tempo de VPM	[8 (6-15)] vs [6 (6-11)] P= 0.23	[3 (2-5)] vs [1 (1-2)] P= 0.026	[2 (1-7)] vs [2 (1-4)] P= 0.34	0.006*
PRISM	[20 (17-21)] vs [20 (17-19)] P= 0.53	não se aplica	[14 (11-18)] vs [16 (13-18)] P= 0.82	----
Glasgow	[12 (11-13)] vs [12 (12-13)] P= 0.50	[12(11-13)] vs [13(13-14)] P= 0.006	[10 (9-10)] vs [11 (10-13)] P= 0.06	0.10
Ramsay	[3 (2-3)] vs [3 (2-3)]	[3(3-4)] vs [3 (2-3)]	[3 (2-4)] vs [3 (2-4)]	----
<b>Parâmetros da VPM</b>				
PIP	(26 ± 8) vs (27 ± 5) P= 0.55	(22 ± 7) vs (24 ± 5) P= 0.60	(29 ± 8) vs (20 ± 8) P= 0.002	0.16
PEEP	(6 ± 2) vs (5 ± 2) P= 0.44	(6 ± 2) vs (5 ± 2) P= 0.10	(6 ± 5) vs (5 ± 2) P= 0.30	0.63
FR	(11 ± 4) vs (10 ± 4) P= 0.20	(13 ± 9) vs (12 ± 5) P= 0.60	(13 ± 5) vs (11 ± 6) P= 0.21	0.48
Ti	(0.8 ± 0.1) vs (0.8 ± 0.1)	(0.8 ± 0.1) vs (0.8 ± 0.1)	(0.9 ± 0.1) vs (0.8 ± 0.1)	----
Te	(5.4 ± 2.6) vs (6.3 ± 2.4) P=0.20	(5 ± 3) vs (6 ± 3) P=0.64	(4.6 ± 2.4) vs (6.2 ± 3.4) P=0.07	0.34
FiO <sub>2</sub> (l/min)	(0.35 ± 0.20) vs (0.30 ± 0.05) P= 0.08	(0.3 ± 0.1) vs (0.3 ± 0.1)	(0.5 ± 0.2) vs (0.3 ± 0.1) P= 0.032	0.08
MAP	[9 (7-10)] vs [8 (7-9)] P= 0.16	[8 (7-11)] vs [8 (7-8)] P=0.20	[8 (7-9)] vs [7 (6-8)] P= 0.06	0.050*
OI	[3 (1-9)] vs [3 (3-4)] P= 0.53	[5 (3-8)] vs [2 (2-4)] P=0.005	[6 (4-14)] vs [2 (2-3)] P= 0.006	0.10
<b>Gases sanguíneos</b>				
pH	(7.41 ± 0.1) vs (7.42 ± 0.1) P= 0.87	(7.38 ± 0.7) vs (7.40 ± 0.8) P= 0.32	(7.36 ± 0.1) vs (7.40 ± 0.1) P= 0.26	0.12
PaO <sub>2</sub>	(86 ± 35) vs (87 ± 30) P= 0.94	(64 ± 34) vs (111 ± 50) P= 0.002	(70 ± 37) vs (101 ± 50) P= 0.033	0.36
PaCO <sub>2</sub>	(38 ± 11) vs (43 ± 10) P= 0.16	(37 ± 10) vs (35 ± 10) P= 0.54	(35 ± 12) vs (34 ± 10) P= 0.78	0.001*
HCO <sup>-3</sup>	(24 ± 7) vs (27 ± 8) P=0.07	(21 ± 5) vs (21 ± 4) P=0.83	(20 ± 7) vs (21 ± 7) P=0.47	0.15
SaO <sub>2</sub>	(93 ± 6) vs (93 ± 9) P=0.86	(87 ± 22) vs (95 ± 9) P=0.30	(82 ± 17) vs (90 ± 15) P=0.15	0.07
<b>Sinais vitais avaliados 1h após a extubação</b>				
FR (cpm)	(41 ± 12) vs (36 ± 9) P=0.16	(36 ± 19) vs (27 ± 12) P=0.14	(33 ± 14) vs (32 ± 12) P=0.71	0.19
FC (bpm)	(138 ± 21) vs (136 ± 26) P=0.76	(133 ± 17) vs (122 ± 24) P=0.10	(131 ± 28) vs (119 ± 28) P=0.19	0.43
SaO <sub>2</sub> (%)	(97 ± 5) vs (98 ± 3) P=0.33	(91 ± 13) vs (99 ± 3) P=0.07	(91 ± 9) vs (98 ± 3) P=0.019	0.18
FiO <sub>2</sub> (L/min)	(3 ± 1) vs (3 ± 1)	(3 ± 1) vs (3 ± 1)	(4 ± 1) vs (3 ± 1)	0.07
<b>Índices Ventilatórios</b>				
VC (ml/Kg) espontâneo	(11.3 ± 7.0) vs (14.3 ± 8.2) P= 0.13	(7.6 ± 11.8) vs (6.3 ± 4.8) P= 0.73	(4.3 ± 4.8) vs (6.0 ± 3.7) P= 0.24	0.025*
V <sub>E</sub> (ml/Kg/min)	(1.5 ± 1.0) vs (2.2 ± 1.0) P= 0.011	(1.7 ± 0.8) vs (3.0 ± 3.0) P= 0.003	(1.7 ± 1.2) vs (2.9 ± 1.8) P= 0.010	0.12
IRS (FR/min/ml/Kg)	[4 (3-6)] vs [3 (3-4)] P= 0.018	[9 (-10-58)] vs [6 (6-13)] P= 0.22	[14 (6-27)] vs [6 (4-9)] P= 0.11	0.37
PI <sub>Máx</sub> (-cmH <sub>2</sub> O)	(55 ± 19) vs (76 ± 25) P=0.001	(53 ± 18) vs (78 ± 28) P=0.002	(39 ± 17) vs (74 ± 25) P=0.001	0.014*
Pe <sub>Máx</sub> (cmH <sub>2</sub> O)	(49 ± 36) vs (61 ± 27) P= 0.19	(60 ± 26) vs (74 ± 22) P= 0.14	(43 ± 17) vs (67 ± 23) P= 0.001	0.37
Relação carga/força	[7 (6-10)] vs [5 (5-6)] P= 0.003	[8 (6-11)] vs [5 (4-6)] P= 0.002	[9 (9-13)] vs [4 (4-6)] P= 0.001	0.007*

variáveis com significância estatística (P≤ 0.05). -

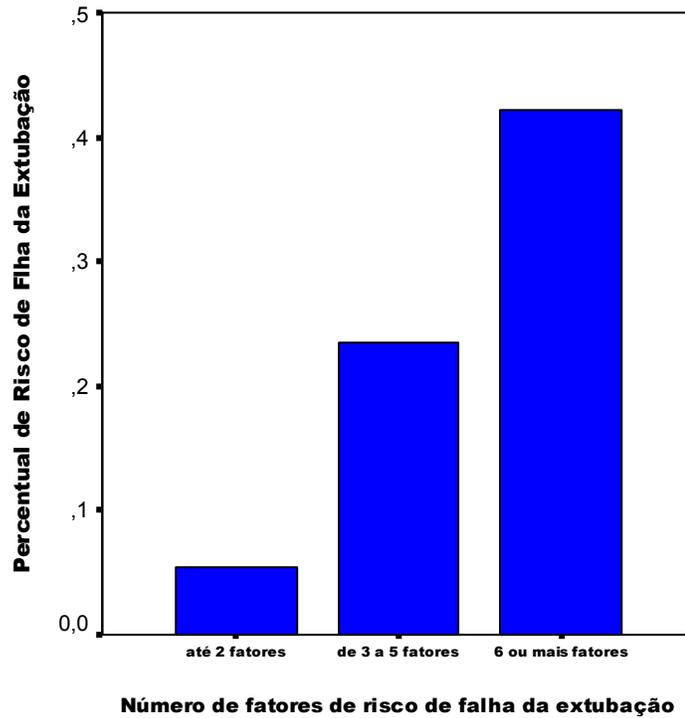
**Legenda Tabela 6:** BE= excesso de base;HCO<sup>-3</sup>= bicarbonato;PIP= pico de pressão inspiratória;PEEP= pressão expiratória positiva;FR= frequência respiratória;FiO<sub>2</sub>= fração inspirada de oxigênio;Ti= tempo inspiratório; Te= tempo expiratório;VC= volume corrente;V<sub>E</sub>= volume minuto expiratório;PaCO<sub>2</sub>= pressão parcial de gás carbônico;PaO<sub>2</sub>= pressão parcial de oxigênio;IRS=

Índice de respiração rápida superficial; PiMáx= pressão inspiratória máxima; PeMáx= pressão expiratória máxima; MAP= pressão média nas vias aéreas; IO= índice de oxigenação; RCF= relação carga/força; FC= frequência cardíaca; SaO<sub>2</sub>= saturação arterial de oxigênio; cpm= ciclos por minuto; PRISM= escore de risco de mortalidade em pediatria; Glasgow= escore de coma; Ramsay= escala de sedação.

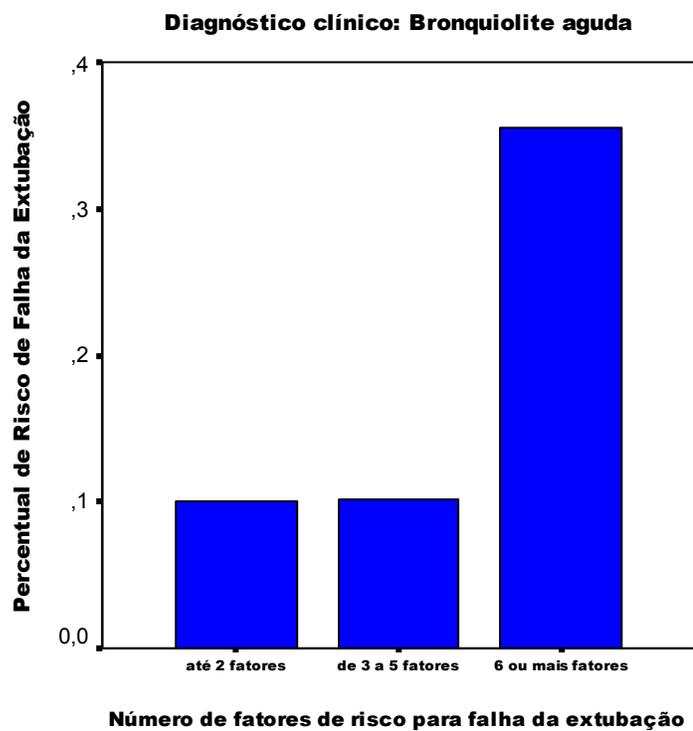
**Tabela 7- Fatores de risco e seus pontos de corte para falha da extubação**

Variáveis	Odds ratio (IC 95%)	P
<b>Diagnóstico clínico</b>		
Bronquiolite aguda	1.8 (0.5-7.0)	0.06
Pós-operatório cardíaco	1.1 (0.28-4.2)	0.92
Doenças neurológicas	2.0 (0.50-8.0)	0.35
<b>Variáveis demográficas</b>		
Idade ≤ 6 meses	0.5 (0.10-2.3)	0.35
Peso ≤ 5Kg	2.3 (0.53-9.7)	0.27
Tempo de VPM (dias) ≥ 7 dias	3.8 (1.25-12)	0.020
<b>Gases Sanguíneos e Equações</b>		
PaCO <sub>2</sub> ≥ 45mmHg	0.4 (0.14-1.1)	0.09
MAP ≥ 8	2.1 (0.73-5.8)	0.17
IO ≥ 3	2.6 (1.0-6.7)	0.043
<b>Índices ventilatórios pré-extubação</b>		
V <sub>E</sub> ≤ 1.5 ml/Kg/min	2.6 (1.0-7.0)	0.048
VC espontâneo ≥ 8ml/Kg	0.4 (0.13-1.1)	0.08
PiMáx ≥ -50cmH <sub>2</sub> O	5.4 (1.85-16)	0.002
Relação carga/força ≥ 4.5	2.5 (0.60-10)	0.02

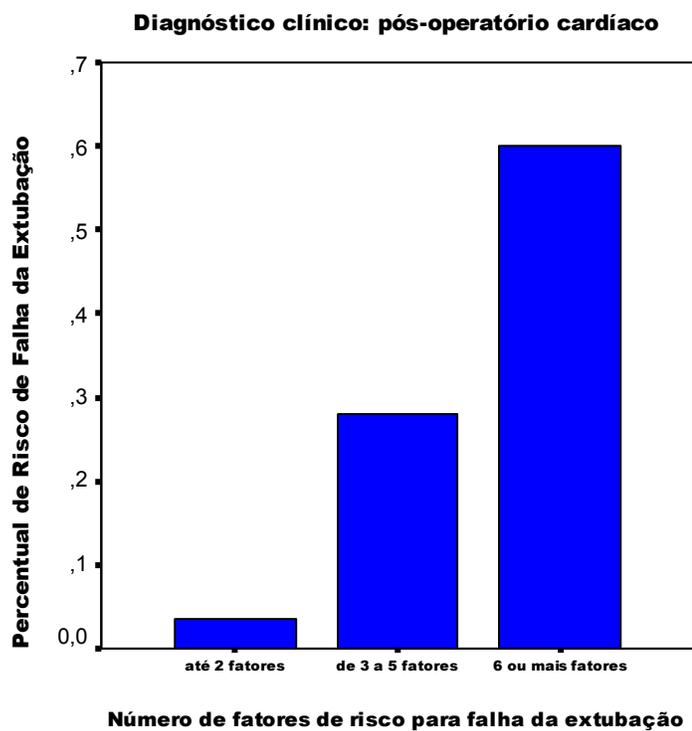
**Legenda:** VPM= ventilação pulmonar mecânica; PaCO<sub>2</sub>= pressão parcial de gás carbônico; MAP= pressão média nas vias aéreas; IO= índice de oxigenação



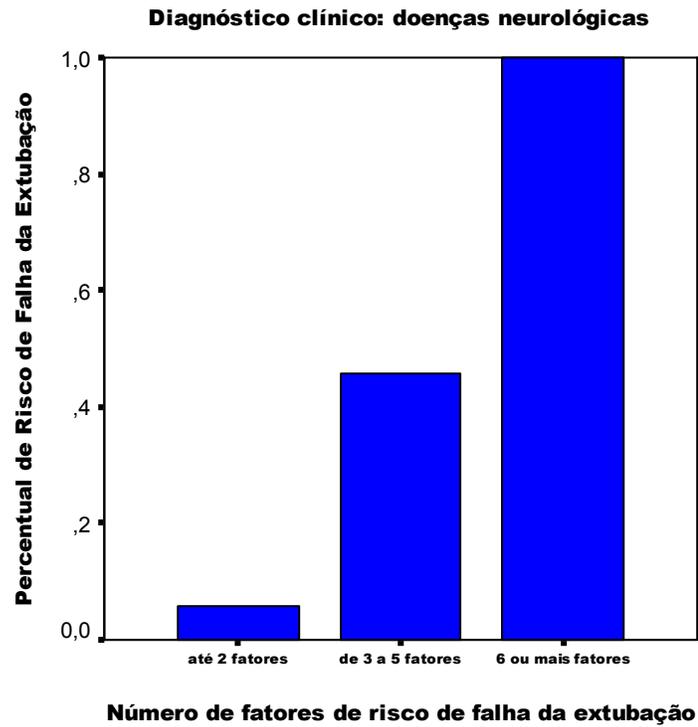
**Figura 1-** Percentual de risco para a falha da extubação (N= 192) de acordo com o número de fatores de risco presentes.



**Figura 2-** Percentual para risco de falha da extubação das crianças com diagnóstico de bronquiolite aguda, de acordo com o número de fatores de risco presentes.



**Figura 3-** Percentual para risco de falha da extubação das crianças com diagnóstico pós-operatório cardíaco, de acordo com o número de fatores de risco presentes.



**Figura 4-** Percentual de risco de falha da extubação das crianças com diagnóstico de doenças neurológicas, de acordo com o número de fatores de risco presentes.

---

## **ANEXOS**

---

### Anexo 1- Escore de Glasgow adaptada para Pediatria

Parâmetros:

- (1) abertura ocular  
 (2) melhor resposta verbal e não-verbal (dependente do desenvolvimento)  
 (3) melhor resposta motora

<b>Abertura ocular</b>	<b>Escore</b>
Espontaneamente	4
Com estímulo verbal	3
Para a dor	2
Nenhuma abertura	1
<b>Resposta não-verbal em criança</b>	<b>Escore</b>
Sorriso, orientação do som, aponta objetos, interage	5
Orientado e conversando	
Consolável quando chora e interage inapropriadamente	4
Desorientado e conversando	
Consolo inconsistente e gemido; produz sons vocálicos	3
Usa palavras inapropriadas	
inconsolável, irritável e sem conseguir repouso; choroso	2
Sons compreensivos	
Sem resposta	1
<b>Melhor resposta motora</b>	<b>Escore</b>
Obedece a comandos	6
Localiza dor	5
Retira em flexão	4
Flexão anormal (rigidez de decorticação)	3
Extensão (rigidez de decerebração)	2
Sem resposta	1

Prognóstico ruim: menor de 3

Traumas Graves : 3 a 6

Boas chances de recuperação: acima de 7

Melhor prognóstico: 15

Retirado de Carvalho WB *et al*, 2006.

**Anexo 2-Escala de Sedação de Ramsay**

	Pontos
Nível de alerta	
▪ Paciente ansioso e agitado ou relaxado ou ambos	1
▪ Paciente cooperativo, orientado e tranqüilo	2
▪ Paciente responde apenas a ordens verbais	3
Nível de adormecimento dependente da resposta a uma leve batida na glabella ou a um estímulo sonoro	
▪ Resposta ativa	4
▪ Resposta lenta	5
▪ Resposta ausente	6

Adaptado de Ramsay MA *et al*, 1974.

**Anexo 3 - Equações para a predição da PiMáx e PeMáx**

	<b>Equações de predição da PiMáx</b>	<b>Equações de predição da PeMáx</b>
Homens	$142 - (1,03 \times \text{idade em anos})$	$180 - (0,91 \times \text{idade em anos})$
Mulheres	$-43 + (0,71 \times \text{altura em cm})$	$3,5 + (0,55 \times \text{altura em cm})$
Meninos	$44,5 + (0,75 \times \text{peso em kg})$	$35 + (5,5 \times \text{idade em anos})$
Meninas	$40 + (0,57 \times \text{peso em kg})$	$24 + (4,8 \times \text{idade em anos})$

Adaptado de Wilon SH *et al*, 1984.

---

## APÊNDICES

---

**APÊNDICE 1 -TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

*ANÁLISE DE ÍNDICES VENTILATÓRIOS, DOS PARÂMETROS DA VENTILAÇÃO PULMONAR MECÂNICA, DOS GASES SANGUÍNEOS E DAS CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS DE CRIANÇAS EM VENTILAÇÃO MECÂNICA INVASIVA CONSIDERADAS APTAS PARA A EXTUBAÇÃO*

Eu \_\_\_\_\_ fui informado que está sendo realizada neste hospital uma pesquisa com crianças internadas na UTIP, onde é realizado um exame da respiração da criança antes dela ser retirada da ventilação mecânica. Fui informado que este exame já foi usado outras vezes com crianças e que não trouxe nenhum prejuízo a saúde delas.

Foi-me garantido o direito de solicitar novos esclarecimentos a qualquer momento, assim como terei a liberdade de retirar meu consentimento de participação na pesquisa, se julgar necessário. Poderei, caso tiver dúvidas, telefonar para o n°: (051) 91469575 para a Dra Cíntia Johnston.

Também fui informado pelas pesquisadoras de que a identidade da criança em questão será preservada e que os dados obtidos serão utilizados apenas para fins científicos. Declaro que recebi cópia deste termo de Consentimento.

Porto Alegre, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 200 \_\_\_\_.

-----  
Assinatura do responsável

-----  
Assinatura do pesquisador

[ ] pai [ ] mãe [ ] responsável -----



**APÊNDICE 3 – Protocolo do Estudo**

**PROTOCOLO**

n°
----

Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Hora de extubação: \_\_\_\_\_

**1. IDENTIFICAÇÃO:**

1.1. Nome: \_\_\_\_\_ 1.2. Registro: \_\_\_\_\_  
 1.3. Idade: \_\_\_\_ anos \_\_\_\_ meses 1.4. Peso: \_\_\_\_\_ g  
 1.5. Altura: \_\_\_\_\_ cm 1.6. Sexo: \_\_\_\_\_

**2. INTERNAÇÃO ATUAL:** \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

2.1. Data do início da VPM: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**3. DIAGNÓSTICO:**

3.1. Diagnóstico principal: \_\_\_\_\_  
 3.2. Diagnósticos secundários: \_\_\_\_\_  
 3.3. Provável causa VM: \_\_\_\_\_ 3.4. PIM 2: \_\_\_\_\_

**4. AVALIAÇÃO CLÍNICA:**

**Parâmetros pré-extubação (1 HORA ANTES)**

PIP	PEEP	FR	Tins	FiO2	MAP	IO	Psup

( ) CPAP      ( ) SIMV      ( ) IMV      ( ) Pressão de suporte

**5. AVALIAÇÃO LABORATORIAL:**

	Pré-extubação	Em 1h
pH		
PaCO2		
HCO3		
DB		
PaO2		
SaO2		
sódio		
potássio		
magnésio		
CaI		
Ht/Hb		

**6. MANEJO:**

	Dose	Tempo de uso
<b>Dopamina</b>		
<b>Dobutamina</b>		
<b>Adrenalina</b>		
<b>Noradrenalina</b>		
<b>Milrinona</b>		
<b>Fentanil</b>		
<b>Midazolam</b>		
<b>Morfina</b>		
<b>Diazepam</b>		
<b>Hid. de cloral</b>		

**7. RAIOS X DE TÓRAX**

- 7.1. Espaço intercostal posterior: \_\_\_\_\_  
 7.2. Atelectasia: ( ) não ( )LSD ( )LMD ( )LID ( )LSE ( )LIE  
 7.3. Condensação: ( ) não ( )LSD ( )LMD ( )LID ( )LSE ( )LIE

**8. PROCEDIMENTOS CIRÚRGICOS:**

( ) Não ( ) Cardíaca ( ) Torácica ( ) Abdominal ( ) Lombar ( ) Outros: \_\_\_\_\_

**9. ÍNDICE DE TOBIN :**

9.1 volume minuto: \_\_\_\_\_ Fr: \_\_\_\_\_ VC: \_\_\_\_\_  
 9.2 Manovacuometria PiMax: \_\_\_\_\_ PeMax \_\_\_\_\_  
 PiMax 1': \_\_\_\_\_

**10. EVOLUÇÃO CLÍNICA:**

10.1 Falha ( ) Data: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_  
 10.2 Óbito ( ) Data: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

**11. PARÂMETROS CLÍNICOS PÓS-EXTUBAÇÃO:**

	FR	FC	SATO2	FiO2	ESTRIDOR	TIRAGEM
<b>1H</b>						
<b>6H</b>						
<b>12H</b>						
<b>24H</b>						
<b>48H</b>						

Obs: O estridor deverá ser classificado de + a ++++.

A tiragem deverá ser classificada como TSD (subdiafragmática), TIC (intercostal), RF (retração de fúrcula) e AN (aleteo nasal).

**12.ESCORE DE DOWNES:**

<b>Ponto</b>	<b>Sibilos</b>	<b>Tiragem</b>	<b>Frequência Respiratória</b>	<b>Frequência Cardíaca</b>	<b>Ventilação</b>	<b>Cianose</b>
0	Não	Não	< 30	<120	Boa simétrica	Não
1	Final da expiração	Subcostal intercostal	31-45	>120	Regular simétrica	Sim
2	Toda expiração	+supraclavicular+ batimento de asa de nariz	40-60		Muito diminuída	
3	Inspiração e Expiração	+ intercostal + supraesternal			Tórax silencioso	

Bronquiolite:  
Leve: 1-3  
Moderada: 4-7  
Grave: 8-14

**13-ESCALA DE SEDACÃO DE RAMSAY**

	<b>Pontos</b>
<b>Nível de Alerta</b>	
• Paciente ansioso e agitado ou relaxado ou ambos	1
• Paciente cooperativo, orientado e tranquilo	2
• Paciente responde apenas a ordens verbais	3
<b>Nível de adormecimento dependente da resposta a uma leve batida na glabella ou a um estímulo sonoro</b>	
• Resposta ativa	4
• Resposta lenta	5
• Resposta ausente	6

13.1 Ramsay: \_\_\_\_\_

**14-ESCALA DE COMA DE GLASGOW EM PEDIATRIA**

Parâmetros:	
(1) abertura ocular	
(2) melhor resposta verbal e não-verbal (dependente do desenvolvimento)	
(3) melhor resposta motora	
<b>1.Abertura ocular</b>	<b>Escore</b>
Esponaneamente	4
Com estímulo verbal	3
Para a dor	2
Nenhuma abertura	1
<b>2.Resposta não-verbal em criança</b>	<b>Escore</b>
Sorriso, orientação do som, aponta objetos, interage	5
Orientado e conversando	
Consolável quando chora e interage inapropriadamente	4
Desorientado e conversando	
Consolo inconsistente e gemido; produz sons vocálicos	3
Usa palavras inapropriadas	
Inconsolável, irritável e sem conseguir repouso; choroso	2
Sons compreensivos	
Sem resposta	1
<b>3.Melhor resposta motora</b>	<b>Escore</b>
Obedece a comandos	6
Localiza dor	5
Retira em flexão	4
Flexão anormal (rigidez de decorticação)	3
Extensão (rigidez de decerebração)	2
Sem resposta	1
Prognóstico ruim: menor de 3	
Traumas Graves : 3 a 6	
Boas chances de recuperação: acima de 7	
Melhor prognóstico: 15	14.1 Glasgow

Formulário preenchido por: \_\_\_\_\_