

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

FACULDADE DE MEDICINA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MÉDICAS:

PEDIATRIA

**COMPARAÇÃO ENTRE DOIS MODOS  
VENTILATÓRIOS EM ANESTESIA PEDIÁTRICA:  
VENTILAÇÃO CONTROLADA A VOLUME  
*VERSUS* VENTILAÇÃO CONTROLADA A  
PRESSÃO**

FABIANA AJNHORN

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Porto Alegre, Brasil, 2006

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE MEDICINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MÉDICAS:  
PEDIATRIA

**COMPARAÇÃO ENTRE DOIS MODOS  
VENTILATÓRIOS EM ANESTESIA PEDIÁTRICA:  
VENTILAÇÃO CONTROLADA A VOLUME  
*VERSUS* VENTILAÇÃO CONTROLADA A  
PRESSÃO**

FABIANA AJNHORN

**Orientador: Prof. Dr. Jefferson Pedro Piva**

**Co-Orientadora: Prof. Dra. Elaine Aparecida Felix Fortis**

A apresentação desta dissertação é exigência do Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas: Pediatria, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para obtenção do título de Mestre.

Porto Alegre, Brasil, 2006

**A312c** Ajnhorn, Fabiana

**Comparação entre dois modos ventilatórios em anestesia pediátrica: ventilação controlada a volume *versus* ventilação controlada a pressão / Fabiana Ajnhorn ; orient. Jefferson Pedro Piva ; co-orient. Elaine Aparecida Felix Fortis. – 2006.**

98 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rio Grande do Sul. Faculdade de Medicina. Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas: Pediatria. Porto Alegre, BR-RS, 2006.

1. Respiração artificial 2. Criança 3. Respiração com pressão positiva 4. Ventilação de alta frequência 5. Anestesia geral I. Piva, Jefferson Pedro II. Fortis, Elaine Aparecida Felix III. Título.

NLM: WO 440

Catálogo Biblioteca FAMED/HCPA

**A minha família por  
historicamente  
me ensinar a lutar.**

**Ao meu amor, Carlos,  
pois sem amor não adianta lutar.**

## **AGRADECIMENTOS**

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e, em especial:

-A todos os funcionários do Bloco Cirúrgico do HCPA, em especial à equipe de Ortopedia, pelo companheirismo.

-Às estudantes de medicina Ana Carolina Peçanha Antônio e Gabriela Cury Thiessen por estarem presentes durante todo o desenvolvimento do trabalho.

-Ao Dr. Fábio Martins Vieira pelo seu exemplo profissional e apoio para execução de meus projetos.

-Aos professores e contratados anesthesiologistas pelo apoio e colaboração. À Prof. Dra. Helena Arenson-Pandikow pelo apoio para meu crescimento profissional e pessoal. À Sra. Vânia Hirakata do Grupo de Pesquisa e Pós-Graduação (GPPG) por solucionar meus problemas em Estatística.

-A Takaoka pelo empréstimo do ventilador Nikkei, em especial ao Mateus pelos ensinamentos, assistência e manutenção dedicada para a realização do meu trabalho.

-Aos pacientes do HCPA, e em especial a suas mães por, mesmo em momentos de angústia, ao entregarem seus filhos a nós, acreditarem nas mudanças para uma próxima geração.

-Aos meus orientadores, Dr. Jefferson Pedro Piva e a Dra. Elaine Aparecida Felix Fortis, que, durante este ciclo, foram como um pai e uma mãe para mim. Estiveram sempre presentes, cada um sabendo exatamente a melhor forma de me ajudar. Souberam esperar o meu tempo e ao mesmo tempo me incentivar a continuar. Como pais souberam me orientar e tiveram o dom de me estender a mão nas horas essenciais. Muito Obrigada.

## **SUMÁRIO**

**LISTA DE FIGURAS**

**LISTA DE TABELAS**

**LISTA DE ABREVIATURAS**

**RESUMO**

**ABSTRACT**

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>2</b>
2.1. Ventilação Mecânica: História	2
2.2. Ventilação Mecânica e Anestesia Geral	6
2.3. Ventilação Mecânica e Terapia Intensiva	7

2.4. Ventilação Mecânica: Conceitos Funcionais	9
2.5. Monitorização da Mecânica Ventilatória e da Troca Gasosa	15
2.6. Aplicação Clínica e Experimental: VCV <i>versus</i> PCV	18
<b>3. JUSTIFICATIVA DO ESTUDO</b>	20
<b>4. OBJETIVOS</b>	22
<b>5. PACIENTES E MÉTODOS</b>	24
5.1. Delineamento do Estudo	24
5.2. Local de Realização do Estudo	24
5.3. Seleção da Amostra	24
5.4. Variáveis Estudadas	25
5.5. Seqüência de Procedimentos	30
5.6. Ajuste da Ventilação Mecânica	33
5.7. Manejo de Alterações Hemodinâmicas e Respiratórias no Transoperatório	36
5.8. Equipamento – Aparelho de Anestesia	36
5.9. Análise Estatística	38
5.10. Aspectos Éticos	38
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	40
<b>7. ARTIGO</b>	48
Resumo	48
Abstract	50



Introdução	52
Método	53
Resultados	58
Discussão	65
Referências	72

<b>8. CONCLUSÕES</b>	<b>78</b>
----------------------	-----------

## **ANEXOS**

ANEXO 1 - Avaliação Pré-Operatória

ANEXO 2 - Consentimento Livre e Esclarecido

ANEXO 3 - Avaliação Transoperatória

ANEXO 4 - Avaliação Pós-Operatória

## **LISTA DE FIGURAS**

**Figura 1** - Imagem da Ventilação com "pulmão de aço"

na crise mundial da poliomielite.

3

**Figura 2** - Formas das ondas fluxo x tempo dos modos de ventilação controlada a volume

VCV (A) e da ventilação controlada a pressão PCV (B).

11

**Figura 3** - Sensor de fluxo (modelo infantil) conectado ao tubo orotraqueal. 32

**Figura 4** - Aparelho de Anestesia Nikkei – Takaoka<sup>®</sup> (São Paulo, Brasil). 34

## LISTA DE TABELAS

**Tabela I** - Características demográficas dos pacientes. 59

**Tabela II** - Valores das médias das variáveis hemodinâmicas estudadas na ventilação mecânica em 4 momentos consecutivos. 60

<b>Tabela III</b> - Valores das médias da ventilometria e das trocas gasosas estudadas na ventilação mecânica em 4 momentos consecutivos.	61
<b>Tabela IV</b> - Valores das médias das variáveis da mecânica respiratória em 4 momentos consecutivos.	63
<b>Tabela V</b> - Valores das médias das variáveis gasométricas em 3 momentos consecutivos.	64

## LISTA DE ABREVIATURAS

Siglas e abreviaturas utilizadas neste trabalho

<b>ANOVA</b>	<b>Análise da variância</b>
<b>ASA</b>	<i>American Society of anesthesiologists</i>
<b>BE</b>	<b>Excesso de base (base excess)</b>
<b>CAM</b>	<b>Concentração Alveolar Mínima</b>
<b>Cdyn</b>	<b>Complacência dinâmica do sistema respiratório (ml.cm<sup>-1</sup>H<sub>2</sub>O)</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>Dióxido de carbono (mmHg)</b>
<b>Cst</b>	<b>Complacência estática do sistema respiratório (ml.cm<sup>-1</sup>H<sub>2</sub>O)</b>
<b>Curva PV</b>	<b>Curva pressão versus volume (curva de complacência)</b>
<b>CRF</b>	<b>Capacidade residual funcional</b>
<b>EVPP</b>	<b>Estratégias de proteção pulmonar</b>
<b>FC</b>	<b>Frequência cardíaca - bat.min<sup>-1</sup></b>
<b>F<sub>I</sub>O<sub>2</sub></b>	<b>Fração de oxigênio inspirada</b>
<b>fR</b>	<b>Frequência respiratória (ciclos. min<sup>-1</sup>)</b>
<b>HaCO<sub>3</sub></b>	<b>Bicarbonato de sódio no sangue arterial (mEq.L<sup>-1</sup>)</b>

<b>HCPA</b>	<b>Hospital de Clínicas de Porto Alegre</b>
<b>IMV</b>	<b>Ventilação mandatória intermitente</b>
<b>IV</b>	<b>Via de infusão intravenosa</b>

<b>LPA</b>	<b>Lesão pulmonar aguda</b>
<b>LPIV</b>	<b>Lesão pulmonar induzida pela ventilação mecânica</b>
<b>M</b>	<b>Momento</b>
<b>min</b>	<b>Minuto</b>
<b>O<sub>2</sub></b>	<b>Oxigênio</b>
<b>P</b>	<b>Pressão</b>
<b>PaCO<sub>2</sub></b>	Pressão parcial de CO <sub>2</sub> no sangue arterial (mmHg)
<b>PAM</b>	<b>Pressão arterial média (mmHg)</b>
<b>PANI</b>	<b>Pressão arterial não invasiva</b>
<b>PaO<sub>2</sub></b>	<b>Pressão parcial do O<sub>2</sub> no sangue arterial (mmHg)</b>
<b>PaO<sub>2</sub> /FiO<sub>2</sub></b>	<b>Relação entre a pressão parcial do O<sub>2</sub> no sangue arterial e a fração de oxigênio inspirada = índice de oxigenação</b>
<b>PCV</b>	<b>Ventilação controlada a pressão (<i>pressure controlled ventilation</i>)</b>
<b>PEEP</b>	<b>Pressão positiva no final da expiração (mmHg)</b>
<b>PeTCO<sub>2</sub></b>	<b>Pressão parcial CO<sub>2</sub> expiratório</b>
<b>Pmédia</b>	<b>Pressão média da via aérea (cm H<sub>2</sub>O)</b>
<b>pH</b>	<b>pH do sangue arterial</b>
<b>PPI</b>	<b>Pressão de pico inspiratória (cm H<sub>2</sub>O)</b>
<b>P<sub>PLAT</sub></b>	<b>Pressão de platô (cm H<sub>2</sub>O)</b>
<b>Raw</b>	<b>Resistência sistema respiratório (cmH<sub>2</sub>O.ml<sup>-1</sup>s<sup>-1</sup>.)</b>
<b>Relação I:E</b>	<b>Relação do tempo inspiratório:tempo expiratório</b>
<b>SaO<sub>2</sub></b>	<b>Saturação da hemoglobina no sangue arterial (%)</b>
<b>SARA</b>	<b>Síndrome de angústia respiratória aguda</b>

<b>t</b>	<b>Tempo</b>
<b>tE</b>	<b>Tempo expiratório</b>
<b>tet</b>	<b>Tubo endotraqueal</b>
<b>Tnaso</b>	<b>Temperatura nasofaríngea (°C)</b>
<b>tI</b>	<b>Tempo inspiratório</b>
<b>UTIP</b>	<b>Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica</b>
<b>V</b>	<b>Volume (mL)</b>
<b>V'</b>	<b>Fluxo (L.min<sup>-1</sup>)</b>
<b>V<sub>D</sub>/V<sub>T</sub></b>	<b>Relação da ventilação do espaço morto fisiológico e volume corrente</b>
<b>VCV</b>	<b>Ventilação controlada a volume (<i>volume controlled ventilation</i>)</b>
<b>VM</b>	<b>Ventilação Mecânica</b>
<b>V<sub>T</sub></b>	<b>Volume corrente (mL)</b>

## RESUMO

**Justificativa e Objetivos:** Comparar as repercussões na mecânica respiratória e na troca gasosa em pacientes pediátricos submetidos à cirurgia ortopédica em posição lateral sob anestesia geral, utilizando-se dois modos de ventilação mecânica: controlada a volume (VCV) *versus* controlada a pressão (PCV), pois, em anestesia, o benefício de um modo em relação ao outro não está bem estabelecido. **Método:** Ensaio clínico randomizado, realizado entre julho de 2003 e junho 2005 envolvendo crianças (seis meses a 5 anos) submetidas à cirurgia de correção de pé torto congênito no Hospital de Clínicas de Porto Alegre. No modo VCV o volume corrente para se obter  $10\text{ml.kg}^{-1}$  foi fixado. No modo PCV a pressão de pico inspiratória para se obter  $10\text{ ml.kg}^{-1}$  foi fixada. Nos dois modos os pacientes recebiam PEEP  $5\text{cmH}_2\text{O}$  e relação I:E 1:2. Os grupos foram comparados quanto aos efeitos na mecânica ventilatória e na troca gasosa em 4 momentos ao longo da cirurgia com duração de 2 a 3 horas. Os testes t de *Student*, ANOVA, e Qui-quadrado foram utilizados para comparar os grupos. **Resultados:** 37 cirurgias de correção de pé torto congênito entraram no estudo, sendo 18 no grupo VCV e 19 no PCV. Observou-se redução do volume corrente expirado ao longo da cirurgia em ambos



grupos:  $V_T$  em M1 ~119 ml enquanto em M4 foi ~113 ml ( $p=0,03$ ), correspondendo a uma redução de 5% no  $V_T$  ao longo da cirurgia. O número de intervenções (ajustes na frequência respiratória) ao longo do tempo cirúrgico foi semelhante nos dois grupos. As demais variáveis não diferiram. **Conclusões:** durante anestesia geral, em crianças saudáveis, o modo ventilatório não influenciou a estabilidade cardioventilatória das crianças ao longo do tempo cirúrgico no presente estudo.

**Palavras-chave:** Ventilação Mecânica; Ventilação controlada a volume; Ventilação controlada a pressão; Anestesia Pediátrica.

## ABSTRACT

**Objectives:** To compare the repercussions on the respiratory mechanics and on the gaseous exchange of pediatric patients submitted to orthopedic surgery in lateral position under general anesthesia using two modes of ventilation: volume control ventilation (VCV) versus pressure control ventilation (PCV), because, in anesthesiology, the superiority of one over another is not well established. **Methods:** Randomized clinical trial, conducted from July of 2003 through June 2005, involving children (from 6 months to 5 years of age) submitted to surgery of correction of congenital clubfoot in the Hospital de Clínicas de Porto Alegre. In the VCV mode, tidal volume to get  $10\text{ml.kg}^{-1}$  was fixed. In the PCV mode, peak inspiratory pressure to get  $10\text{ml.kg}^{-1}$  was fixed. In the two ventilations modes the patients received a PEEP of  $5\text{cmH}_2\text{O}$  and relation I:E 1:2. The groups were compared in relation to the effect in the mechanical ventilatory support and the gaseous exchange at 4 times through surgery with duration of 2 the 3 hours. Student t Test, ANOVA, and Qui-square had been used to compare the groups. **Results:** 37 surgeries of correction of congenital clubfoot were included in study, being 18 in the VCV group and 19 in the PCV. Reduction of the exhaled tidal volume along of the surgery in both groups was observed:  $V_T$  M1  $\sim 119\text{ ml}$  while in M4 was  $\sim 113\text{ ml}$  ( $p=0,03$ ), corresponding to a reduction of 5% in the  $V_T$  through the surgery. The number of interventions (adjustments in the respiratory

frequency) along the surgical period was similar in the two groups. Remaining variables had not differed. **Conclusions:** In the present study, involving healthy children submitted to the general anesthesia using two modes of mechanical ventilation, we did not observed any interferency in the cardio respiratory stability along the surgical period.

**Key words:** mechanical ventilatory support; volume control ventilation; pressure control ventilation; pediatric Anesthesia.

## INTRODUÇÃO

Milhões de pacientes todos os anos necessitam de ventilação mecânica durante a anestesia geral. As estratégias ventilatórias comumente utilizadas incluem um volume corrente ( $V_T$ ) de  $10\text{ml.kg}^{-1}$  ou mais, e raramente a pressão positiva ao final da expiração é utilizada <sup>1</sup>. O controle do paciente durante o transoperatório, garantindo uma adequada troca gasosa, é uma das atribuições mais nobres que compete ao profissional anestesiológico. Como os desfechos deste suporte ventilatório são de difícil avaliação, esta prática nem sempre recebe atenção adequada. No entanto, com o surgimento de exames de imagem e exames moleculares, a hipótese de lesão pulmonar e suas conseqüências, mesmo em pacientes saudáveis vem sendo questionada <sup>1,2</sup>.

Atualmente, com a sofisticação dos aparelhos de ventilação mecânica, as variáveis fisiológicas podem ser medidas de forma não invasiva e contínua, proporcionando ao médico diagnosticar o problema e tratá-lo de forma imediata. Assim, para se otimizar a estratégia ventilatória, todo paciente com suporte ventilatório deve ter o controle da interação entre o ventilador e o paciente, principalmente quando o paciente é da faixa etária pediátrica.

## REVISÃO DA LITERATURA

### Ventilação Mecânica: História

A ventilação mecânica (VM) é utilizada em pacientes submetidos à anestesia geral a fim de manter uma adequada ventilação e troca gasosa <sup>1</sup>. A ventilação, como manobra, data dos primórdios da civilização, sendo encontradas referências no Antigo Testamento (Reis I-17:7 e Reis II-4:34) <sup>2</sup>.

O primeiro ventilador mecânico usado com sucesso foi o pulmão de aço de Drinker-Shaw, em 1929, que gerava pressão negativa extratorácica expandindo os pulmões. Esta máquina tinha a forma de um cilindro que cobria todo o corpo do paciente deixando para fora somente a cabeça sob a influência da pressão atmosférica. Em 1931, August Krogh demonstrou grande interesse no projeto de Drinker e montou o primeiro aparelho de ventilação elétrico com pressão negativa para adultos. Em 1933, produziu uma versão compacta para crianças <sup>3</sup>.

O pulmão de aço, bem como as suas variações, foi usado por quase três décadas, tendo sua maior aplicabilidade na epidemia da poliomielite que ocorreu no início de 1950 (**Figura 1**).

Ao final desta, começou a ser substituído por ventiladores com pressão positiva que seriam mais compactos e melhorariam a sobrevivência dos pacientes por manter estes hemodinamicamente mais estáveis <sup>3-5</sup>.



**Figura 1** - Imagem da Ventilação com "pulmão de aço" na crise mundial da poliomielite.

Nos EUA, na década de 60, aparelhos ciclados a pressão, como o Bennett e o Bird, começaram a ser amplamente utilizados. Porém, apresentavam limitações que os tornavam inadequados para várias situações clínicas. Naquela década, o conceito de aparelhos de ventilação ciclados a volume começou a ser desenvolvido <sup>3</sup>.

A história de ventilação controlada/assistida em neonatos nos Estados Unidos recebeu maior atenção em 1963 quando nasceu o filho prematuro de Jacqueline e John F. Kennedy,

que morreu de insuficiência respiratória por doença da membrana hialina dois dias após o nascimento. A falta de conhecimento e de tecnologia adequada para tratar crianças nascidas com esse tipo de problema tornou-se notícia pública estimulando a emergência de um novo campo em medicina neonatal. Nas primeiras tentativas de ventilação mecânica em neonatos, ventiladores adultos eram adaptados para fornecer pequenos volumes correntes e frequências respiratórias elevadas e conseqüentemente geravam altas pressões de pico. Os resultados foram desastrosos. Durante a década de 60, crianças entubadas tinham uma mortalidade de 80%. A incidência de barotrauma era tão alta, que alguns centros colocavam eletivamente dois drenos torácicos quando a VM era iniciada. A próxima década de pesquisa trouxe melhoras importantes na sobrevivência de crianças prematuras<sup>3,4</sup>. Gregory e cols, em 1971, iniciaram com o uso de pressão positiva no final da expiração (PEEP) nas vias aéreas para o tratamento da Síndrome do Desconforto Respiratório do Recém-Nascido (Membrana Hialina), ao reconhecer que o maior problema fisiológico era o colapso pulmonar durante a expiração<sup>3</sup>. Em 1972, Kirby e cols relataram o uso de um novo ventilador desenhado especificamente para crianças, com fluxo-contínuo pressão-limitada e ciclado a tempo, registrado como Babybird. Esse sistema também permitia respiração espontânea entre os ciclos ventilatórios, tecnicamente denominada ventilação mandatória intermitente (IMV). Esse ventilador oferecia a vantagem de evitar pressões inspiratórias altas e conseqüentemente o barotrauma. Entretanto, uma diminuição da complacência pulmonar ou do circuito respiratório implicaria uma redução do volume corrente que, inicialmente, só era diagnosticado por alterações em gasometrias seriadas<sup>4,5</sup>. Outro ventilador nessa linha, o Sechrist IV-100B (Sechrist Industries, Anaheim, Calif), é um ventilador eletrônico-pneumático, ciclado a tempo, limitado a pressão e com fluxo constante até hoje muito utilizado em neonatologia<sup>3</sup>.

Na década 80 popularizaram-se os ventiladores microprocessados, os quais permitiam a seleção de diferentes modos ventilatórios e de formas de onda de fluxo inspiratório, incluindo um novo modo ventilatório que recebeu o nome de ventilação controlada a pressão (PCV)<sup>3</sup>. Com relação ao modo de ventilação controlada a volume (VCV), que habitualmente promove uma onda de fluxo inspiratório com padrão constante (onda quadrada), o modo PCV veio acrescentar um novo padrão de fluxo inspiratório denominado de desacelerado ou descendente, visando atingir rapidamente o pico de pressão na via aérea e mantendo-a constante <sup>7</sup>. O Servo 900C (Siemens-Elema, Schaumburg) é um modelo de ventilador pneumático controlado eletronicamente, ciclado a tempo, limitado a pressão, com fluxo constante ou não, ou com geração constante de pressão que surgiu nessa época <sup>8</sup>.

Em relação à monitorização da ventilometria, até a década de 90, o uso de ventilômetro mecânico (ventilômetro de Wright) permitia as medidas de volume minuto de forma intermitente <sup>9</sup>. A introdução de transdutores de fluxo permitiram a monitorização em tempo real de toda a ventilometria e das medidas da mecânica respiratória. Em neonatologia, a importância clínica do volume corrente na ventilação limitada a pressão ficou mais evidente com a introdução do monitor de volume denominado Bourne <sup>8</sup>. A partir desse momento, o conhecimento empírico através da avaliação da expansão torácica, ou a realização de medidas invasivas, como gasometrias seriadas, passou a ser complementada por esse tipo de monitor. Hoje diversos ventiladores e aparelhos de anestesia já incorporam essa tecnologia disponibilizando essa informação em tempo real e de forma não invasiva.

Muitos avanços ocorreram na ventilação mecânica, mas nem mesmo os mais sofisticados ventiladores têm a capacidade de viabilizar as trocas gasosas com a mesma eficácia obtida com o processo de respiração fisiológica <sup>6,10</sup>.



## Ventilação Mecânica e Anestesia Geral

A anestesia geral caracteriza-se por promover inconsciência, ausência ou atenuação das respostas orgânicas a diferentes estímulos dolorosos. Estes efeitos são causados por diferentes drogas no sistema nervoso central, entretanto, efeitos indesejáveis são observados em outros sistemas. Os anestésicos deprimem a resposta ventilatória ao dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e deslocam o limiar de apnéia para níveis mais elevados de  $\text{PaCO}_2$ . Durante anestesia existe diminuição da capacidade residual funcional (CRF), independente do tipo de ventilação empregada, da duração da anestesia, do grau de relaxamento muscular e da fração inspirada de  $\text{O}_2$  ( $\text{FiO}_2$ ). Diversos estudos demonstram o surgimento de áreas com atelectasias que se desenvolvem pela compressão dos tecidos pulmonares com conseqüente redução do volume pulmonar. A redução da CRF compromete a função pulmonar por alterações na mecânica pulmonar, na distribuição da ventilação/perfusão e nas trocas gasosas<sup>7,10</sup>.

Em anestesia pediátrica, diferente do que acontece em adultos, a freqüência de anestesia geral é alta. A necessidade de facilitar as manobras cirúrgicas e o uso de bloqueadores neuromusculares requer que o anestesiológista utilize a ventilação mecânica na maioria dos casos<sup>7</sup>. A ventilação mecânica, entretanto, não é inócua. Seu emprego implica riscos próprios, devendo sua indicação ser prudente e criteriosa e sua aplicação cercada de cuidados específicos<sup>1,2</sup>. Com o conhecimento da fisiologia respiratória, da fisiopatologia das doenças respiratórias e do emprego de ventiladores de última geração, agora é possível desenvolver estratégias de ventilação que possivelmente diminuirão a incidência de alterações indesejáveis ao paciente. Em pediatria, as repercussões ou complicações da ventilação

mecânica no transoperatório de cirurgias freqüentes são pouco estudadas. Possivelmente, assim como na terapia intensiva, em cirurgia pediátrica a estratégia ventilatória pode interferir diretamente na morbidade do paciente levando a desfechos negativos no pós-operatório <sup>5</sup>.

### **Ventilação Mecânica e Terapia Intensiva**

A ventilação mecânica em Unidade de Terapia Intensiva Pediátrica (UTIP) requer seleção específica do ventilador e do modo ventilatório. Existem poucos estudos em crianças com análise epidemiológica das estratégias ventilatórias empregadas em terapia intensiva. No entanto, os livros de terapia intensiva apontam para uma tendência ao uso de modos regulados a pressão <sup>3-7</sup>.

Um dos motivos para que ocorra tal preferência deve-se ao fato de que os ventiladores antigos controlados a volume podiam ser usados apenas para crianças maiores de 10kg, pois os menores volumes liberados ( $\pm 100$  ml) eram grandes para crianças menores <sup>5</sup>.

Além disso, outro fator limitante era o volume de condensação/compressão, que é a quantidade de gás que permanece dentro do circuito do ventilador, não sendo transferido ao paciente, e computado como volume corrente efetivo. Cada ventilador e seus circuitos possuem diferentes fatores de compressão, que devem ser levados em consideração para o cálculo do volume corrente efetivo transferido ao paciente <sup>8,11</sup>. Nos novos ventiladores esse fator já é automaticamente compensado.

Outro problema ocorre devido à facilidade de ocorrer seletivação do tubo endotraqueal (tet) na criança. Na hipótese de se deslocar o tubo endotraqueal ao se movimentar a criança, esse pode ficar seletivo e, na ventilação com volume controlado, esse fator acaba aumentando a pressão e o volume em um pulmão, causando barotrauma/volutrauma.

Poucos trabalhos em pediatria comparam os modos ventilatórios e seus desfechos. O que se encontra são relatos históricos e adaptações do uso da ventilação conforme surgiam as complicações<sup>4</sup>. Hoje, com a melhora dos ventiladores e da monitorização, procura-se estabelecer qual a melhor forma de ventilar uma criança de acordo com sua faixa etária e com a doença existente. Por exemplo, até pouco tempo acreditava-se que o tratamento ventilatório de escolha num episódio de asma grave seria ventilação controlada a volume (VCV). Estudo recente, publicado por Sarnaik e cols, avaliou retrospectivamente o uso de ventilação controlada a pressão (PCV) em crianças com asma aguda grave<sup>13</sup>. Baseado na hipótese de que a PCV poderia ser mais vantajosa, por permitir uma ventilação mais uniforme, foram avaliados os valores dos gases sanguíneos, duração da VM e suas complicações<sup>13</sup>. Os resultados mostraram que a PCV pode ser uma opção terapêutica no manejo dessas crianças. Relatos de caso com o uso de pressão de suporte, ventilação não invasiva, ventilação de alta frequência, sugerem que os médicos estão utilizando vários modos disponíveis nos ventiladores existentes hoje em dia<sup>13,14</sup>.

A lesão pulmonar induzida pela ventilação mecânica (LPIV) é um risco real decorrente da utilização da ventilação mecânica. Foi descrita em pacientes portadores de Síndrome da Angústia Respiratória Aguda (SARA), e em incidentes ligados à técnica de ventilação ocasionando barotrauma e volutrauma. O dano pulmonar ventilador-induzido tem sido

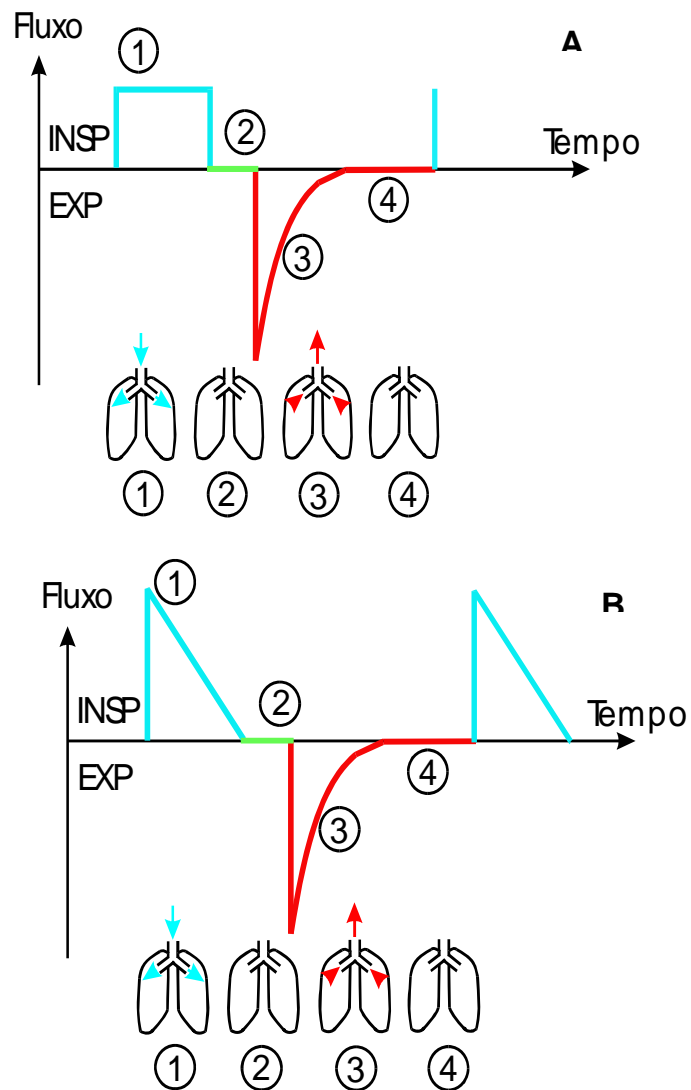
associado à excessiva pressão de insuflação transalveolar, ao excessivo volume corrente ou à inadequada pressão ao final da expiração (PEEP) <sup>14</sup>. Trabalhos realizados em adultos com SARA mostram que a redução do volume corrente é obrigatória, mas não se sabe qual é o nível suficiente dessa redução <sup>5</sup>. A lesão pulmonar associada à ventilação mecânica com extravasamento de ar alveolar denomina-se barotrauma, sendo responsável por enfisema intersticial, pneumomediastino, pneumotórax, pneumoperitônio e enfisema subcutâneo <sup>2</sup>. Volutrauma indica lesões pulmonares associadas com repetidas distensões e pressurização do tórax, e inclui alterações da permeabilidade vascular, com uma cascata de reações inflamatórias e dano alveolar difuso. Esta resposta inflamatória com liberação de citocinas e mediadores é descrita como biotrauma <sup>2,6,7,14,15</sup>. Não se sabe se a LPIV ocorre em todos os pacientes quando se usam pressões inspiratórias e volumes correntes altos ou apenas em pacientes com alguma doença sistêmica ou pulmonar <sup>2,16-18</sup>. Um estudo recente acrescenta um dado interessante sobre este tema. Em modelo experimental foi demonstrado que ventilar pulmão de animais com septicemia é diferente quando comparado com pulmões normais ao se aplicar um  $V_T$  10ml.kg<sup>-1</sup> com ou sem PEEP. Em coelhos com septicemia transitória houve sinais de lesão pulmonar aguda com hipoxemia e alterações histológicas pulmonares <sup>1</sup>.

### **Ventilação Mecânica: Conceitos Funcionais**

Em relação ao ciclo respiratório, um ventilador deve ser capaz de inflar os pulmões do paciente (fase inspiratória) e permitir o esvaziamento dos pulmões (fase expiratória). Ao ciclo

respiratório, pode ser incorporado um tempo em que não se permita que ocorra fluxo aéreo, tanto na duração do tempo inspiratório, denominado de pausa inspiratória, como na expiração, pausa expiratória, tornando a distribuição dos gases intrapulmonares mais homogênea, através de ventilação colateral <sup>19-22</sup>.

A relação do tempo inspiratório (tI) e do tempo expiratório (tE) tem um papel fundamental na magnitude dos fluxos inspiratório e expiratório. O fluxo inspiratório é um dos fatores na determinação do volume de gás que alcançará os alvéolos no tI pré-fixado e que sofrerá influências diretas da resistência e da complacência total do sistema respiratório <sup>23,24</sup>. Os modernos ventiladores proporcionam o controle de fluxo, que pode ser constante, acelerado, desacelerado, os quais, por sua vez, geram formas de ondas de fluxos dos tipos quadrada, descendente ou senoidal <sup>16,24,25</sup>. Habitualmente, no modo PCV, o fluxo é desacelerado e a forma da onda de fluxo gerada é descendente; no modo VCV com fluxo constante, a forma de onda é quadrada (**Figura 2**). Alguns estudos afirmam que o padrão descendente pode distribuir melhor a ventilação alveolar em relação a outros tipos de onda de fluxo <sup>26</sup>.



**Figura 2** – Formas das ondas fluxo x tempo dos modos de ventilação controlada a volume VCV (A) e da ventilação controlada a pressão PCV (B).

1- fluxo inspiratório; 2- fluxo zero, o que significa um tempo de pausa inspiratória; 3- fluxo expiratório; 4- final da expiração, o fluxo expiratório vai a zero.

A pressão máxima que se estabelece nas vias aéreas do paciente, quando seus pulmões são insuflados, é denominada de pressão de pico (PPI) ou pressão inspiratória máxima ou pressão de boca, que pode ser mensurada na porção proximal do tubo endotraqueal e retrata a pressão diferencial entre boca e alvéolo<sup>20</sup>. A PPI varia em função de variáveis inerentes tanto ao paciente quanto ao ventilador, entre elas a complacência pulmonar, a resistência das vias aéreas e o fluxo inspiratório. Mantido o mesmo volume corrente inspiratório, quanto maior for a resistência, menor for a complacência e mais elevado for o fluxo inspiratório, maior será a pressão gerada pelo aparelho. Em condições normais de mecânica respiratória, a PPI não ultrapassa 15 ou 20 cmH<sub>2</sub>O em adultos. Os limites normalmente tolerados situam-se na faixa de 30 a 35 cmH<sub>2</sub>O<sup>20,27</sup>.

No decurso da inspiração, as pressões intrapulmonares progressivamente se elevam até o ponto de equilíbrio, momento em que então cessa o fluxo aéreo. A pressão de vias aéreas medida ao final de uma pausa inspiratória é denominada de pressão de platô (P<sub>PLAT</sub>)<sup>28</sup>.

Durante a expiração, o fluxo de gás da boca até o alvéolo ocorre até que o gradiente de pressão deixe de existir. Isto ocorre quando as pressões alveolares igualam-se à pressão atmosférica, ou para valores superiores à pressão atmosférica (pressão positiva), que oferece resistência à saída do fluxo expiratório. A pressão positiva da via aérea medida ao final da expiração é denominada de PEEP<sup>24</sup>.

Os efeitos indesejáveis, no sistema cardiovascular, durante a ventilação controlada são basicamente resultantes da pressão positiva elevada dentro dos pulmões. Esta elimina total ou parcialmente a pressão subatmosférica normalmente presente dentro do tórax. A extensão em que isto ocorre depende da pressão gerada no interior dos pulmões e da complacência pulmonar. A magnitude da pressão positiva e o tempo durante o qual ela atua são estimados

pela pressão média das vias aéreas ( $P_{m\u00e9dia}$ ). Os fatores que influenciam a  $P_{m\u00e9dia}$  s\u00e3o a magnitude e o padr\u00e3o do fluxo inspirat\u00f3rio, a PPI, a rela\u00e7\u00e3o I:E, a dura\u00e7\u00e3o das pausas inspirat\u00f3ria e expirat\u00f3ria e o n\u00edvel de press\u00e3o no final da expira\u00e7\u00e3o. O fluxo lento diminui a rela\u00e7\u00e3o I:E e a  $P_{m\u00e9dia}$ , conseq\u00fcentemente, reduz o risco de barotrauma e reduz as repercuss\u00f5es cardiovasculares <sup>29</sup>.

**Algumas diferen\u00e7as na regulagem e no comportamento dos modos VCV e PCV s\u00e3o relevantes para o entendimento dos seus prov\u00e1veis efeitos na respira\u00e7\u00e3o. No VCV, o volume corrente \u00e9 pr\u00e9-fixado juntamente com a freq\u00fc\u00eancia ventilat\u00f3ria e a rela\u00e7\u00e3o I:E. O ventilador gera um fluxo que \u00e9 interrompido ao final da inspira\u00e7\u00e3o. Se existir a programaa\u00e7\u00e3o de uma pausa inspirat\u00f3ria, o fluxo cessa antes do t\u00e9rmino do tempo inspirat\u00f3rio programado. Ap\u00f3s o t\u00e9rmino da fase inspirat\u00f3ria ( $t_I$  + pausa inspirat\u00f3ria), ocorre a ciclagem para a fase expirat\u00f3ria que, na maioria dos ventiladores microprocessados, se processa por volume/tempo. O ciclo ser\u00e1 finalizado quando o volume inspirado atingir o volume controlado programado. O ajuste da fR repercute sobre o controle do fluxo inspirat\u00f3rio. Para um mesmo  $V_T$  na mesma rela\u00e7\u00e3o I:E, quando se aumenta a fR, o ventilador automaticamente busca aumentar o fluxo inspirat\u00f3rio na tentativa de garantir o volume pr\u00e9-fixado (volume controlado). A redu\u00e7\u00e3o do  $t_I$  e a conseq\u00fcente eleva\u00e7\u00e3o do fluxo inspirat\u00f3rio provoca, por vezes, maiores press\u00f5es sobre as vias a\u00e9reas, principalmente em situa\u00e7\u00f5es de baixa complac\u00eancia, gerando uma distribui\u00e7\u00e3o inadequada do fluxo para os alv\u00e9olos com constante de tempo elevada. A PPI resultante ser\u00e1 decorrente das interfer\u00eancias das propriedades mec\u00e2nicas, como as altera\u00e7\u00f5es sobre a resist\u00eancia e a complac\u00eancia <sup>28</sup>.**



No modo PCV, o parâmetro pré-fixado é a pressão de pico nas vias aéreas (PPI). Outros parâmetros a serem ajustados são o tI ou a relação I:E e a fR. O modo PCV tem a vantagem de permitir que a pressão de distensão pulmonar e o tempo inspiratório sejam titulados, permitindo a determinação e a manutenção da PPI<sup>29,30</sup>. A cada instante, o fluxo será resultante do nível de pressão controlada programada e da mecânica respiratória do paciente<sup>28</sup>. O fluxo é proporcional ao gradiente da pressão gerada entre a via aérea e o interior dos pulmões e inversamente proporcional à resistência das vias aéreas. Assim sendo, no início da fase inspiratória, o gradiente é alto e o fluxo é máximo, fazendo com que a pressão controlada seja atingida. À medida que o volume intrapulmonar aumenta, o gradiente de pressão diminui e o fluxo sofre uma desaceleração para permitir o controle da pressão (pressão controlada). Quando esta pressão é atingida, o fluxo diminui gradativamente (fluxo desacelerado), o suficiente para manter a pressão durante toda a fase inspiratória. O  $V_T$  resultante será variável e sofrerá influências da pressão regulada, do tI e das variações da complacência e resistência<sup>29</sup>. As vias aéreas que estão abertas e têm menores resistências receberão quantidades maiores de fluxo aéreo e alcançarão o equilíbrio com a pressão pré-fixada mais rapidamente do que as vias aéreas com resistências maiores. Quando as vias aéreas abertas estiverem cheias e as pressões pulmonares alcançarem o equilíbrio com a pressão pré-fixada, o fluxo desacelerará, enquanto as vias aéreas com resistências mais elevadas continuarão a receber fluxo. O fluxo dentro dos pulmões continua, até que ocorra equilíbrio da PPI com todas as unidades pulmonares (a onda de fluxo desacelerado chega a zero) ou até que o tempo inspiratório ajustado termine a fase inspiratória antes que a pressão tenha se equilibrado em todas as unidades alveolares. É essencial que o tempo

**inspiratório seja suficiente para que ocorra o equilíbrio da PPI com todas as vias aéreas, sadias e doentes. Para avaliar a adequacidade do tempo expiratório, deve ser observada a curva fluxo X tempo (Figura 2).**

**Esta onda mostra se o paciente teve tempo suficiente para expirar ao nível de PEEP pré-ajustada, antes que o ventilador inicie o novo ciclo respiratório. É essencial certificar-se de que o fluxo expiratório alcança o valor zero, de que não existe alçaponamento de ar, que tem como consequência a geração de PEEP intrínseca ou auto-PEEP, com repercussões hemodinâmicas indesejáveis <sup>30,31</sup>.**

### **Monitorização da Mecânica Ventilatória e da Troca Gasosa**

A monitorização respiratória junto ao paciente pode ser definida como “o conjunto de métodos que objetiva a demonstração das alterações funcionais, de uma maneira idealmente contínua e precoce, assegurando que os objetivos da ventilação mecânica estão sendo atendidos, fornecendo parâmetros para seu reajuste e prevenindo complicações” <sup>32</sup>.

Dessa forma, tendo o conhecimento dos mecanismos fisiológicos, podemos diagnosticar e acompanhar a evolução e as repercussões das intervenções terapêuticas, adequando o suporte ventilatório às necessidades dos pacientes e, assim, evitando complicações.

De uma maneira geral, o controle respiratório do paciente em ventilação mecânica pode ser dividido em duas abordagens: a) monitorização da troca gasosa; b) monitorização da

mecânica ventilatória <sup>32</sup>. Como estes resultados representam um momento na evolução do paciente, eles devem ser valorizados principalmente com medidas seriadas.

A troca gasosa consiste na principal função dos pulmões e, sendo a hipoxemia o evento de maior gravidade, por comprometer diretamente a oferta de O<sub>2</sub> aos tecidos, a sua monitorização é fundamental <sup>2</sup>. A oxigenação, comumente, pode ser medida diretamente pela pressão parcial de O<sub>2</sub> (PaO<sub>2</sub> em mmHg) numa amostra de sangue, ou indiretamente, pela oximetria de pulso, que avalia a porcentagem de saturação da hemoglobina pelo O<sub>2</sub>. A ventilação pode ser avaliada pela pressão parcial do gás carbônico no sangue arterial (PaCO<sub>2</sub> em mmHg), que reflete diretamente a produção de CO<sub>2</sub>, ou através da capnografia que mostra o CO<sub>2</sub> exalado ao final da expiração. Esses dados podem ser avaliados de forma isolada ou combinados, por exemplo, com a fração inspirada de O<sub>2</sub>, gerando índices para avaliação do paciente <sup>32</sup>.

Em relação à mecânica ventilatória, a obtenção dos valores de pressões, volumes, fluxos e das curvas conseqüentes dessa interação disponibiliza ao médico maior controle no tratamento/suporte que está sendo aplicado ao paciente, no caso, a ventilação mecânica. Com a avaliação desses dados pode-se monitorar o funcionamento dos aparelhos, minimizando os riscos e as complicações, além de se avaliar diretamente o modo utilizado. Medir fluxo, pressão e volume permite o cálculo de propriedades fisiológicas básicas do sistema respiratório, como complacência e resistência, otimizando o manejo do paciente grave ou auxiliando no zelo de pacientes que, apesar de saudáveis, encontram-se em situações desfavorecidas, como num procedimento cirúrgico <sup>32</sup>.

A complacência toracopulmonar é definida como a relação entre a variação de volume e a pressão necessária para promover esta mudança, geralmente medida em ml.cmH<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>. A

complacência estática do sistema respiratório pode ser obtida segundo o cálculo:  $Cst = V_T/P_{plat}-PEEP$  <sup>11</sup>.

É importante ressaltar que, para os cálculos da mecânica respiratória, é fundamental, além de o paciente não estar competindo com o ventilador, que as condições de ventilação sejam mantidas as mesmas em todas as medidas realizadas, para podermos interpretá-las de forma comparativa, ou seja, comparando a complacência de um determinado paciente durante horas ou dias consecutivos de ventilação artificial <sup>32</sup>.

A complacência dinâmica (Cdyn) corresponde a um ponto da curva pressão-volume determinado entre os limites máximos e mínimos de pressões geradas durante o ciclo respiratório (final da inspiração e expiração), imediatamente ao terminar o fluxo gasoso. A Cdyn pode ser obtida pelo cálculo:  $Cdyn = V_T/P_{PI}-PEEP$  <sup>11</sup>.

Normalmente a Cdyn é menor do que Cst em 10 a 20%. Uma queda na Cdyn indica uma alteração no sistema respiratório devido a um problema resistivo e/ou parenquimatoso. Se a Cst for aproximadamente normal, a alteração na Cdyn deve ser secundária a um aumento do componente de resistência ao movimento dos gases. Por exemplo, os asmáticos apresentam Cdyn reduzida. Entretanto, sua Cst é próxima do normal, uma vez que a elevada pressão traqueal é secundária à resistência ao fluxo inspiratório <sup>11</sup>.

É importante considerar que os valores medidos representam uma média de várias unidades do sistema e que, por esse motivo, podem estar incluídas unidades com altas e baixas complacências. Durante a ventilação mecânica, mantidas as mesmas condições ventilatórias, a piora da complacência deve ser pesquisada.

O controle de valores absolutos da pressão de pico evita tanto o barotrauma como o volutrauma. Aumentos abruptos na pressão de pico quando estamos usando VCV gera a

hipótese de alguma obstrução no tubo endotraqueal. Já o conhecimento do volume corrente em pacientes ventilados com PCV nos assegura o controle da variação deste, pois volumes baixos facilitam o colapso pulmonar, assim como altos volumes podem causar volutrauma.

Detectar alterações em uma propriedade fisiológica como na complacência torna-nos aptos a agir antes de haver mudanças nas trocas gasosas e, conseqüentemente, alterações na função pulmonar que causem hipoxemia. Portanto, monitorizar a mecânica pulmonar durante a ventilação nos permite detectar comprometimento pulmonar e otimizar as estratégias ventilatórias. E, possivelmente, prevenindo ou tratando estas alterações na mecânica pulmonar, poderíamos estar prevenindo, a longo prazo, o dano na histologia pulmonar.

#### Aplicação Clínica E Experimental: VCV *versus* PCV

A principal diferença entre os modos VCV e PCV reside no formato de onda de fluxo inspiratório. Os trabalhos publicados avaliam essas diferentes ondas de fluxo na mecânica ventilatória e na troca gasosa em pacientes em ventilação mecânica analisando variáveis como PPI, P<sub>média</sub>, P<sub>PLAT</sub>, PaO<sub>2</sub>, PaCO<sub>2</sub> e na distribuição de gases<sup>33</sup>.

Os primeiros trabalhos clínicos foram publicados na década de 60, feitos por Bergman, avaliando a distribuição dos gases, conforme a variação da onda de fluxo, em pacientes saudáveis durante anestesia geral<sup>34,35</sup>. Alguns estudos da década de 90, que comparam VCV e PCV com enfoque na forma de onda de fluxo, mostraram pequena diferença entre os modos ou não foram conclusivos com relação ao benefício de se usar uma das formas de onda de

fluxo<sup>37</sup>. Entretanto, a questão permaneceu em aberto e outras pesquisas mostraram resultados opostos<sup>38</sup>.

Outra questão com relação ao modo de realizar a ventilação mecânica reside em estabelecer que grupo de pacientes se beneficiaria de cada tipo de modo ventilatório. Tugrul e cols correlacionaram os valores de PaO<sub>2</sub> nos pacientes ventilados com PCV e VCV aos testes de função pulmonar e encontraram uma correlação significativa dos pacientes que melhoraram com PCV com os testes de função respiratória realizados no pré-operatório. Demonstraram que pacientes com doença pulmonar restritiva beneficiam-se de um fluxo desacelerado por melhorar a oxigenação e a distribuição alveolar<sup>39</sup>.

Especificamente com relação à influência do VCV *versus* PCV na troca gasosa, poucos estudos apontam benefícios no PCV sobre a relação PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub><sup>16,40</sup>. Outros autores não encontraram diferenças estatisticamente significantes entre os dois modos ventilatórios<sup>41-44</sup>.

Com relação à eliminação de CO<sub>2</sub> e redução do espaço morto fisiológico, o modo PCV, teoricamente proporciona menores níveis de PaCO<sub>2</sub> por sua propensão em promover melhor distribuição dos gases intra-alveolares. Entretanto, a maioria dos estudos não evidencia qualquer diferença significativa entre VCV e PCV<sup>39,41</sup>.

**Embora resultados conflitantes sejam frequentes na literatura, as pesquisas sobre a importância da forma da onda de fluxo inspiratório ou da aplicação dos modos ventilatórios VCV e PCV permanecem estimulando diversos pesquisadores.**

## JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Em anestesia o benefício do uso de ventilação mecânica controlada a pressão em relação à ventilação a volume não está bem estabelecido. Os poucos estudos que tentam comparar diferentes modos ventilatórios em anestesia apresentam alguns problemas, como casuística pequena, uso em diferentes tipos de cirurgia, pacientes com características clínicas diferentes e ampla faixa etária.

Uma questão que persiste até o momento é se diferentes modos de ventilação mecânica trazem conseqüências na complacência, resistência e volume corrente administrado.

Esta questão é mais pertinente em pediatria, pois a criança está com o pulmão em desenvolvimento e fatores externos podem interferir neste crescimento. Também a tendência a atelectasias é maior nesta fase, pela própria estrutura da caixa torácica, necessitando-se de várias estratégias para manter este equilíbrio.

Seria interessante que se realizasse um estudo envolvendo uma população pediátrica, com uma situação clínica semelhante e submetida a um mesmo procedimento

cirúrgico, envolvendo pelo menos dois modos de ventilação mecânica controlada, monitorizando-se as trocas gasosas e a mecânica pulmonar.

O pé torto congênito afeta principalmente crianças saudáveis. Imaginamos então que a cirurgia dessa malformação congênita isolada, devido à sua duração média de 3 horas e por não abordar região abdominal ou torácica, fato que poderia alterar a mecânica pulmonar no transoperatório, seria uma boa oportunidade de estudar a ventilação pulmonar mecânica em pediatria.



## **OBJETIVOS**

### **Objetivos Gerais**

Comparar as repercussões na fisiologia respiratória ao se utilizar ventilação mecânica controlada a pressão ou a volume em pacientes pediátricos submetidos à cirurgia ortopédica em posição lateral.

### **Objetivos Específicos**

1. Avaliar as repercussões hemodinâmicas em pacientes pediátricos sob anestesia geral com ventilação mecânica controlada a pressão ou a volume submetidos à cirurgia ortopédica em posição lateral.
2. Avaliar as repercussões na troca gasosa em pacientes pediátricos sob anestesia geral com ventilação mecânica controlada a pressão ou a volume submetidos à cirurgia ortopédica em posição lateral.

3. Avaliar as repercussões respiratórias através da monitorização da ventilometria e da mecânica respiratória em pacientes pediátricos sob anestesia geral com ventilação mecânica controlada a pressão ou a volume submetidos à cirurgia ortopédica em posição lateral.

## **PACIENTES E MÉTODOS**

### **Delineamento do Estudo**

Ensaio clínico randomizado, controlado e aberto.

### **Local de realização do estudo**

O estudo foi realizado no Bloco Cirúrgico do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), Brasil.

### **Seleção da Amostra**

#### Critérios de inclusão:

Foram incluídas crianças (6 meses a 5 anos), de ambos sexos, submetidas a cirurgia de correção de pé torto congênito no Bloco Cirúrgico do Hospital de Clínicas de Porto Alegre entre julho de 2003 e junho de 2005 e classificados como estado físico ASA I ou II.

#### Critérios de exclusão:

- a. Pacientes com doença pulmonar ou história de asma grave, bronquiolite nos últimos 3 meses, ou história de infecção de vias aéreas superiores na última semana;
- b. Internação em Unidade de Tratamento Intensivo com uso de ventilação mecânica, exceto no período neonatal;
- c. Doença hepática ou renal com repercussão sistêmica;
- d. Alergia aos agentes anestésicos incluídos no protocolo;
- e. Doença neuromuscular com repercussão na respiração;
- f. Recusa do responsável pelo paciente em participar da pesquisa.

### **Variáveis estudadas**

#### Dados da avaliação pré-anestésica geral

- ✓ Idade (meses);
- ✓ Sexo (masculino/feminino);
- ✓ Peso (quilogramas);
- ✓ Comprimento (centímetros);
- ✓ Superfície corporal ( $m^2$ ) e obtida através da fórmula:  $[(\text{peso} \times 4) + 7] / (\text{peso} + 90)$ ;
- ✓ ASA (classificação do estado clínico do paciente avaliando o risco anestésico ou probabilidade de morbiletalidade de acordo com a American Society of Anesthesiologists - ASA) ver quadro 1;

**Quadro 1** Classificação do estado físico segundo a American Society of Anesthesiologists

Classe 1: paciente saudável
Classe 2: paciente com doença sistêmica discreta
Classe 3: paciente com doença sistêmica grave, com limitação de atividade, mas não incapacitante
Classe 4: paciente com doença sistêmica incapacitante, com risco de vida
Classe 5: paciente moribundo, sem esperança de vida por mais de 24 horas, com ou sem cirurgia
Obs.: Adiciona-se um E a essa classificação quando a cirurgia é de emergência.
Os doadores de órgãos são classificados como classe 6.

\* Modificado de Ana M B Penna quadro retirado livro Manica<sup>45</sup>.

- ✓ Jejum (horas): intervalo entre a última refeição e a avaliação pré-anestésica;
- ✓ Alergia (questionado familiar sobre alergia a antibióticos, exames com contraste, alimentos específicos ou a produtos com látex);
- ✓ Doenças coexistentes (revisão de sistemas: convulsões, diabetes, outras anomalias ósseas...);
- ✓ Uso de drogas no último mês (antibiótico, corticosteróide, agonistas beta-adrenérgico...).

**Dados da avaliação pré-anestésica referentes ao parto**

- ✓ Nascimento (premature, a termo ou pósdata);
- ✓ Peso ao nascimento (kilogramas);
- ✓ Intercorrências ao nascimento (sim/não);

- ✓ Complicações respiratórias ao nascimento (sim/não; uso de ventilação mecânica).

#### Dados da avaliação pré-anestésica referentes a via aérea

- ✓ Asma, bronquiolite, broncopneumonia, coqueluche;
- ✓ Náuseas e vômitos;
- ✓ Refluxo gastroesofágico;
- ✓ Queixas respiratórias nas últimas 6 semanas (coriza, tosse, dispnéia, sibilância).

#### Dados da avaliação pré-anestésica familiar

- ✓ Tabagismo familiar.

#### Dados do transoperatório

##### Monitorização Transoperatória (Anexo III)

- ✓ Monitorização Hemodinâmica e dados troca gasosa não-invasivos. Foram monitorizados de forma não-invasiva e contínua pelo monitor multiparâmetro Takaoka® (São Paulo, Brasil):
  - Frequência cardíaca (FC) e eletrocardiograma contínuo obtido através do monitor cardíaco na derivação DII utilizando-se cinco eletrodos;
  - Pressão arterial não-invasiva (PANI) → Medidas periódicas realizadas a cada cinco minutos de pressão arterial sistólica, diastólica e média pelo método oscilométrico;

- Saturação de oxigênio pelo oxímetro de pulso ( $SpO_2$ ) → Avaliada com sensor colocado em uma das extremidades distais superiores do paciente, bem posicionado e protegido de luz intensa. Além do valor absoluto da saturação o monitor também registra a pletismografia mostrando a amplitude e a forma da onda de pulso;
- Pressão parcial de  $CO_2$  no final da expiração ( $PeTCO_2$ ) → Monitorização contínua da fração expirada de gás carbônico (capnometria) e representação gráfica da curva de pressão parcial de  $CO_2$  em relação ao tempo (capnografia). Estas medidas foram feitas com sistema aspirativo conectado com sensor de fluxo colocado entre o tubo endotraqueal e as traquéias do sistema respiratório;
- Analisador de gases anestésicos → Mensuração da concentração dos agentes anestésicos presentes na mistura gasosa inalada e exalada pelo paciente, nesse caso acoplado ao capnógrafo;
- Temperatura nasofaríngea ( $T_{nas}$ ) → Medida por sensor de temperatura colocado na nasofaringe.
  - ✓ Monitorização da Ventilometria – dados fornecidos pelo monitor integrado ao aparelho de anestesia
- Volume corrente expirado ( $V_T$ ) → Nos momentos das coletas observavam-se os valores apresentados pelo monitor durante um intervalo de 60 segundos e anotava-se o valor com tendência a repetir-se (moda);
- Frequência Respiratória (fR);
- Relação do tempo inspiratório: tempo expiratório (R I:E).

- ✓ Monitorização da Mecânica Ventilatória - dados fornecidos pelo monitor integrado ao aparelho, assim como o  $V_T$  anotava-se o valor com tendência a repetir-se. Conforme escrito no Manual de Operação do Aparelho de Anestesia Nikkei: “Todos os cálculos são baseados nas medições de fluxo e pressão proximal. Os tempos são obtidos das curvas de fluxo, os volumes da integral do fluxo, as pressões da curva de pressão, complacência, resistência e trabalho do conjunto de pressão e fluxo”<sup>46</sup>.
  - Pico de pressão nas vias aéreas (PPI);
  - Pressão média nas vias aéreas (Pmédia);
  - Pressão de platô (Pplatô);
  - Pressão no final da expiração total (PEEP);
  - Complacência dinâmica (Cdyn);
  - Complacência estática (Cst) → Para obtenção do valor ideal de Cst, o procedimento correto exigiria uma pausa inspiratória de, no mínimo, dois segundos. Em pediatria, como trabalhamos com fR altas, torna-se inviável fazermos a medida com esse rigor, por isso usamos o valor obtido pelo aparelho mesmo sabendo que esse possa não ser fiel ao conceito de Cst;
  - Resistência total de vias aéreas (Raw).
- 
- ✓ Monitorização invasiva da Troca Gasosa obtida por coleta de três gasometrias arteriais realizada pelo laboratório de urgência do HCPA pelo método Chiron.
  - pH;
  - PaO<sub>2</sub>;



- PaCO<sub>2</sub>;
- SaO<sub>2</sub>;
- HCO<sub>3</sub>;
- Excesso de Base (EB).

### **Seqüência de Procedimentos –**

#### **Protocolo Anestésico para os Pacientes Submetidos à Correção de Pé Torto Congênito**

Após aprovação do protocolo de estudo pela Comissão de Ética Médica da Instituição, os pacientes portadores de pé torto congênito a serem submetidos à correção ortopédica foram selecionados para participarem do estudo conforme os critérios de inclusão.

Utilizamos um protocolo padronizado (Anexo I) para avaliação pré-anestésica de todos os pacientes. O responsável pelo paciente foi informado sobre todas as etapas do estudo, autorizando a participação pela assinatura do consentimento livre e esclarecido (Anexo II). Os pacientes receberam pré-medicação com midazolam via oral 0,5mg.kg<sup>-1</sup> 20-30 minutos antes de passar para a sala de cirurgia.

Participaram do estudo pacientes com estado físico ASA I ou II, idades entre 6 meses e 5 anos e de ambos os sexos. Os pacientes foram divididos em dois grupos, utilizando-se tabela de randomização em blocos de oito através de sorteio simples: o

grupo 1 foi ventilado com VCV e o grupo 2 foi ventilado com PCV, durante a coleta dos dados.

Na sala cirúrgica, a monitorização hemodinâmica foi realizada com o monitor de multiparâmetros da marca Takaoka<sup>®</sup> composto por: cardioscópio, pressão arterial não-invasiva, oxímetro de pulso, capnógrafo e termômetro nasofaríngeo.

A monitorização da ventilometria e da mecânica ventilatória constou de medidas diretas, extraídas do monitor integrado ao ventilador do aparelho de anestesia modelo Nikkei da Takaoka<sup>®</sup>. Esse monitor é independente do ventilador e mede o fluxo e a pressão no sensor (modelo infantil) conectado à jusante do tubo orotraqueal (**Figura 3**). (ver detalhes adiante)



**Figura 3** – sensor de fluxo (modelo infantil) conectado ao tubo orotraqueal.

Além da monitorização contínua de  $SpO_2$  e  $PeTCO_2$ , avaliamos a troca gasosa através de três gasometrias. As medidas dos gases sanguíneos foram obtidas por cateterismo da artéria radial com extracath número 24, coletando-se 1 ml de sangue em

cada coleta para análise laboratorial, realizada no laboratório de urgência do HCPA, pelo método Chiron. Durante o estudo foram coletadas um total de três amostras. O tempo médio para obtenção do resultado variava entre 15-20 minutos.

Os pacientes foram encaminhados à sala cirúrgica pelo anestesista responsável 20-30 minutos após a administração da medicação pré-anestésica. Após monitorização, os pacientes receberam indução inalatória com sevoflurano e oxigênio a 100%, sendo obtido acesso venoso periférico com extracath nº 22 ou 24. Foi administrado fentanil  $2\mu\text{g.Kg}^{-1}$  IV e propofol  $3\text{mg.kg}^{-1}$  IV para intubação orotraqueal realizada por laringoscopia direta. Os tubos para intubação orotraqueal foram selecionados pela seguinte fórmula: idade/4 + 3,5. Foram utilizados tubos com balonete para evitar vazamento<sup>47-49</sup>. Antes da fixação do tubo o paciente foi auscultado para verificação da expansão pulmonar bilateral. O balonete seria inflado apenas se houvesse vazamento traqueal com pressão de pico inspiratório entre 10 e 20 cmH<sub>2</sub>O e pela verificação da curva fluxo X volume obtida com a monitorização da mecânica ventilatória na tela de mecânica do aparelho de anestesia Nikkei®. Junto ao balonete do tubo endotraqueal acoplamos uma cânula e um manômetro de pressão, para que, se houvesse necessidade de inflar o balonete, não ultrapassássemos a pressão que pudesse causar dano à mucosa traqueal do paciente. O limite superior de pressão na insuflação do balonete utilizado foi de 20mmHg. Após fixação do tubo e proteção ocular, o paciente foi posicionado lateralmente para realização do bloqueio caudal ou bloqueio da inervação do pé (bloqueio de fossa poplítea ou ao nível do tornozelo) com finalidade de analgesia pós-operatória. Utilizou-se bupivacaína 0,25% com adrenalina 1:200.000 numa dose de

1ml.kg<sup>-1</sup>, não se ultrapassando a dose total de 3mg.kg<sup>-1</sup>. A escolha do bloqueio foi por sorteio simples em cada grupo. No período em que não tínhamos disponível estimulador de nervo periférico os pacientes foram sorteados para receber bloqueio caudal ou ao nível do tornozelo. Como parte do procedimento cirúrgico colocava-se um garrote pneumático na coxa do membro a ser operado com a finalidade de diminuir o sangramento no transoperatório e melhorar a exposição das estruturas a serem operadas.

A manutenção da anestesia foi realizada com anestésico inalatório com isoflurano, utilizando-se uma mistura de oxigênio e ar comprimido medicinal, mantendo a FiO<sub>2</sub> de 0,5 e um fluxo total médio de 2l.min<sup>-1</sup>. A concentração alveolar mínima (CAM) do isoflurano foi mantida em 1 CAM de acordo com a faixa etária (com variação de 1,3-1,7 CAM). Após realização do bloqueio regional foi administrado atracúrio 0,5 mg.kg<sup>-1</sup>, sendo aplicados 20% da dose inicial a cada 30 min ou antes das medidas de mecânica ventilatória. Todos os pacientes foram descurarizados ao término do procedimento, recebendo Neostigmine (0,03 mg.Kg<sup>-1</sup>) e Atropina (0,015 mg.kg<sup>-1</sup>) antes da extubação. Após extubação, os pacientes foram encaminhados para a sala de recuperação pediátrica em ventilação espontânea. (Anexo III)

### **Ajuste da Ventilação Mecânica**

O ventilador do Aparelho de Anestesia Nikkei – Takaoka<sup>®</sup> (São Paulo, Brasil) foi ajustado para liberar os variáveis ventilatórias de acordo com o modo em estudo: VCV ou PCV (Figura 4).



**Figura 4** - Aparelho de Anestesia Nikkei – Takaoka<sup>®</sup> (São Paulo, Brasil).

Nos dois modos a frequência respiratória (fR) foi ajustada de acordo com a faixa etária. Crianças 6 meses-1 ano, fR 25-30 ciclos. min<sup>-1</sup> ; 1- 2 anos de idade, fR de 20-24 ciclos. min<sup>-1</sup>; 2-3 anos, fR 16-22 ciclos. min<sup>-1</sup>; e crianças 3-5 anos, fR 14-20 ciclos.min<sup>-1</sup>. A relação de tempo inspiratório e tempo expiratório (R I:E) de 1:2, com pausa inspiratória de 25% no grupo VCV. Todos os pacientes receberam PEEP 5 cmH<sub>2</sub>O. A pressão máxima de segurança foi fixada em 35 cmH<sub>2</sub>O.

Todos os pacientes inicialmente eram ventilados no modo VCV com V<sub>T</sub> inicial de 10ml.kg<sup>-1</sup>. Nos pacientes alocados para o grupo VCV esse modo era fixado com onda de fluxo quadrada.

Nos pacientes randomizados para o grupo PCV fazia-se o ajuste da pressão de via aérea inspiratória para manter um volume corrente 10ml.kg<sup>-1</sup>. Uma vez obtido esse valor, a pressão de pico era fixada e as intervenções necessárias eram feitas através do ajuste de outras variáveis. No modo PCV, onda de fluxo desacelerado, o término do tempo inspiratório pré-fixado foi monitorado através da curva fluxo X tempo, de forma a garantir fluxo zero ao final da inspiração.

As medidas ventilatórias e hemodinâmicas realizadas de forma contínua e as gasométricas foram registradas nos seguintes momentos para análise: M1 - paciente em decúbito lateral, 5-10 minutos após estabilização no modo ventilatório alocado; M2 - 50 minutos após o início da cirurgia; M3 - depois da retirada do garrote com paciente em Ventilação Mecânica (não era realizada a gasometria); M4 - final da cirurgia, paciente

ainda em Ventilação Mecânica. Todos os pacientes foram anestesiados e tiveram o controle ventilatório realizado pelo mesmo anestesista (FA).

### **Manejo de Alterações Hemodinâmicas e Respiratórias no Transoperatório**

**O manejo de alterações transoperatórias obedeceu a condutas pré-estabelecidas, sendo a hipoxemia diagnosticada por uma diminuição de SpO<sub>2</sub> em 5% no valor basal ou níveis de PaO<sub>2</sub> inferiores a 60 mmHg. Ajustava-se a FiO<sub>2</sub> para 1,0 e, caso não se obtivesse melhora, fazia-se a manobra de recrutamento alveolar.**

Nas alterações da ventilação como hipercarbia (PaCO<sub>2</sub> > 50 mmHg ou PeTCO<sub>2</sub> > 45 mmHg), aumentava-se a fR em 20%, de 2 em 2 ciclos. No caso de hipocarbia (PaCO<sub>2</sub> < 30 mmHg ou PeTCO<sub>2</sub> < 25 mmHg), reduzia-se a fR em 20% até correção, respeitando-se o intervalo para cada faixa etária.

Os pacientes que eventualmente apresentassem alterações não solucionadas com as intervenções acima seriam excluídos do estudo de forma a não comprometer o bem estar do paciente.

Outras alterações na hemodinâmica ou suspeita de plano de anestesia inadequado, isto é, analgesia, hipnose ou relaxamento muscular inadequados, foram corrigidas com opióides, hipnóticos, expansão volêmica ou vasopressores.

## **Equipamento – Aparelho de Anestesia**

Todos os pacientes foram ventilados com o Aparelho de Anestesia Nikkei Takaoka<sup>®</sup>. A K.Takaoka é uma empresa nacional que atua na área de aparelhos de anestesia, ventiladores pulmonares, monitorização e oxigenioterapia. Antes de cada anestesia realizava-se o *checklist* para verificação de qualquer tipo de irregularidade. Conforme orientação do manual, ao se ligar o ventilador, informamos o peso do paciente para que o aparelho pré-calculasse os parâmetros de ventilação adequados. O ventilador foi conectado ao tubo endotraqueal através de um circuito respiratório sendo o sensor de fluxo pediátrico conectado à jusante do tubo endotraqueal. Ao final da expiração verificava-se se o fole encostava na parte superior da campânula, indicando que o fluxo total estava adequado. O sistema com filtro de cal sodada coaxial e o fole são universais sendo usados para pacientes neonatais a adultos. Ao utilizarmos inicialmente o sistema de Baraka na indução do paciente, este era conectado com engate rápido. A realização da ventilação mecânica no Aparelho de Anestesia Nikkei<sup>®</sup> foi feito com o Ventilador Monterey eletrônico. O circuito respiratório faz parte do Ventilador Monterey e é constituído por um conjunto de tubos corrugados, dois drenos, um intermediário em “Y” e um sensor de fluxo. Acoplado ao aparelho de anestesia, dispúnhamos de um monitor eletrônico de ventilometria e mecânica ventilatória: Ventcare. A monitorização da ventilação incorporada ao aparelho propunha-se a conferir maior segurança quanto à precisão dos volumes entregues e das pressões ajustadas. As curvas e gráficos podiam ser visualizadas no monitor.



### ***Análise Estatística***

Os dados foram analisados usando-se um programa estatístico SPSS *Windows* versão 12.02 (*Statistical Package for Social Sciences*). As variáveis contínuas foram expressas em médias com o respectivo desvio padrão, sendo comparadas através do teste *t student* ou através da ANOVA para medidas repetidas. As medidas categóricas foram expressas em percentagem e comparadas através do teste Qui-quadrado. Neste estudo foi assumida como diferença significativa entre os dois modos de ventilação uma diferença de 20% no volume expirado entre os dois grupos, para um alfa de 0,05 com poder de 80%. Para tanto, uma amostra de 30 pacientes foi considerada satisfatória.

### **Aspectos Éticos**

O projeto foi submetido à aprovação da Comissão de Ética e Pesquisa em Saúde do Hospital. Projeto protocolado no GPPG nº 02434.

O familiar responsável pelo paciente foi devidamente orientado pelos pesquisadores e, após a concordância de participar do estudo, foi assinado Consentimento Livre e Esclarecido. (Anexo II)

Os autores consideraram que o estudo não expunha os pacientes a risco adicional, visto que ambos os métodos de ventilação (volume ou pressão controlada) são utilizados de forma rotineira e opcional em anestesia pediátrica. Da mesma forma, os exames que foram utilizados nesta pesquisa são em sua grande maioria intervenções não invasivas e com baixo poder iatrogênico. As únicas exceções foram as coletas sanguíneas para gasometria arterial (três), que tiveram como principal objetivo reassegurar os valores de  $\text{CO}_2$  expiratório e  $\text{SpO}_2$  e, adicionalmente, a segurança durante todo o procedimento anestésico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bregeon F, Delpierre S, Chetaille B, Kajikawa O, Martin T, Autillo-Touati A et al. **Mechanical Ventilation** Affects **Lung Function** and Cytokine Production in an Experimental Model of Endotoxemia. *Anesthesiology* 2005; 102: 331-39.
2. Wrigge HMD, Zinserling JMC, Stuber FMD, Von Spiegel T, Hering R, Wetegrove S, Hoeft A et al. Effects of mechanical Ventilation on Release of Cytokines into Systemic Circulation in Patients with Normal Pulmonary Function. *Anesthesiology* 2000; 93: 1413-17.
3. Tanaka I, Imperial MCG. Histórico da Ventilação Pulmonar mecânica. IN: Carvalho WB, Hirschheimer MR (eds). *Ventilação pulmonar mecânica em neonatologia e pediatria*. 2<sup>th</sup> ed. São Paulo: Atheneu; 2004. p.3 -11.
4. Magnay AR. Recent advances in intubation and mechanical ventilation. *Paed Resp Rev* 2001; 184-194.

5. Mammel MC, Bing DR. Recent Advances in mechanical ventilation. Clinics in Chest Medicine 1996; 17:603-612.
6. Piva J, Garcia PCR, Amantéa S. Ventilação Mecânica em Pediatria IN: Piva JP, Garcia PC (eds). Medicina Intensiva em Pediatria. Rio de Janeiro: Revinter; 2005. p487-508.
7. Esteban A, Alía I, Gordo F, Pablo R, Suarez J, González G, et al. Prospective Randomized Trial Comparing Pressure-Controlled Ventilation and Volume-Controlled Ventilation in ARDS\*. Chest 2000; 117:1690-96.
8. Desautels DA, Blanch P. Mechanical Ventilators. IN: Koff PB, Eitzman D, Neu J (eds). Mechanical Ventilators. 2<sup>th</sup> ed. St.Louis: Mosby; 1992. p345-373.
9. Hatch DJ, Summer E. Patient care during anaesthesia. IN: Hatch DJ, Summer E (eds). Neonatal Anaesthesia and Perioperative Care. 2<sup>th</sup> ed. London:Arnold;1986.p.111-118.
10. Tusman G, Bohm SH, Tempra A, Melkun F, Garcia E, Turchetto E, Mulder PGH, Lachmann B. Effects of Recruitment Maneuver on **Atelectasis** in **Anesthetized Children**. Anesthesiology 2003; 98: 14-22.
11. Emmerich JC. Monitorização respiratória. IN: Emmerich JC (ed).Suporte Ventilatório: Conceitos Atuais. 2<sup>th</sup> ed. Rio de Janeiro: Revinter; 1998.p.2-15.

12. Chatburn RL. Principles and Practice of Neonatal and Pediatric Mechanical Ventilation. *Respiratory Care* 1991; 36:569-95.
13. Sarnaik AP, Daphtary KM, Meert KL, Lieh-Lai M, Heidemann SM. Pressure-controlled ventilation in children with severe status asthmaticus. *Pediatr Crit Care Med* 2004;5: 133-138.
14. Amato MBO, Barbas CSV, Medeiros DM, Magaldi RB, Schettino GPP, Filho Glet al. Effect of a protective - ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med*. 1998; 338: 347-354.
15. Dreyfuss D, Saumon G. Evidence-based medicine or fuzzy logic: what is best for ARDS manegement? *Intensive Care Med* 2002; 230-234.
16. Marraro GA. Protective lung strategies during artificial ventilation in children. *Pediatric Anesthesia* 2005;15:630-637.
17. Stayer AS, Bent ST, Skjonsby RN, Frolov A, Andropoulos DB. Pressure Control Ventilation: Three Anesthesia Ventilators Compared Using an Infant Lung Model. *Anesth Analg* 2000;91:1145-50.

18. Stayer AS, Diaz LK, East DL, Gouvion JN, Vencil TL, McKenzie ED, et al. Changes in Respiratory Mechanics Among Infant Undergoing Heart Surgery. *Anesth Analg* 2004;98:49-55.
19. Tobin JM. Culmination of an era in research on the acute respiratory distress syndrome. Editorial. *N Engl J Med*. 2000;342-348.
20. Tobin JM. Advances in mechanical ventilation. *N Engl J Med* 2001; 344:1986-1996.
21. Terzi RGG, Carvalho CRR. História da ventilação mecânica. *Clínicas Brasileiras de Medicina Intensiva* 2000; 8: 1-27.
22. Bonassa J. Princípios básicos dos ventiladores artificiais. *Séries Clínicas Brasileiras de Medicina Intensiva* 2000; 8:69-124.
23. Gattinoni L, Pesenti A, Avali L, Rossi FB. Pressure-Volume curve of total respiratory system in acute respiratory failure: computed tomographic scan study. *Am Rev Respir Dis* 1987; 136:730-736.
24. Pompílio CE, Carvalho CRR. Ventilação mecânica: definição e classificação. IN: Carvalho C. (ed.). *Ventilação Mecânica: básico*. São Paulo: Atheneu ;2000.p125-133.
25. Carraretto AR. Estudo comparativo dos efeitos hemodinâmicos e ventilatórios da ventilação controlada a volume ou a pressão, em cães submetidos ao pneumoperitônio.

(Dissertação (Mestrado em Anestesiologia)). Faculdade de Medicina, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2002. 100 p.

26. Abraham E, Yoshihara GRR. Cardiorespiratory effects of pressure controlled ventilation in severe respiratory failure. *Chest* 1990; 98:1445-1449.
27. Della Rocca G. Preload indexes in thoracic anesthesia. *Curr Opin Anaesthesiol* 2003; 16: 69-73.
28. Auler JOC. Ventilação mecânica intra e pós-operatória. IN: II Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica. *J Pneumol* 2000;26: 13-16.
29. Carvalho WB, Mangia CMF. Ventilação Pulmonar Mecânica Convencional em Neonatologia. IN: CRR C. (Ed.). *Ventilação Mecânica: básico*. São Paulo: Atheneu. 2000. Ventilação Pulmonar Mecânica Convencional em Neonatologia. p.147-188.
30. Marik PE, Krikorion J. Pressure - controlled ventilation in ARDS: a practical approach. *Chest* 1997; 112:1102-1106.
31. Marini JJ, Crooke PS, Truwit JD. Determinants and limits of pressure preset ventilation: A mathematical model of pressure control. *J Appl Physiol* 1989;67:1081-1092.

32. Carvalho CR. Controle do paciente em ventilação mecânica. In: II Consenso Brasileiro de Ventilação Mecânica. J Pneumol 2000; 26: 16-20
33. Fortis EAF. Influência do modo ventilatório no desempenho funcional dos enxertos pulmonares pós-transplante em modelo canino: ventilação controlada a volume versus ventilação controlada a pressão (dissertação). Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre 2003.
34. Bergman, N. A. Effects of varying respiratory waveforms on gas exchange. Anesthesiology 1967; 28:390-395.
35. Bergman, N. A. Effect of varying respiratory waveforms on distribution of inspired gas during artificial ventilation. Am Rev Respir Dis 1969; 100:518-525.
36. Muñoz J, Guerrero J, Escalante JL, Palomino RD. Pressure controlled versus controlled mechanical ventilation with decelerating inspiratory flow. Crit Care Med 1993; 21:1143-1148.
37. Lessard MR, Guérnot E, Lemaire F, Brochard L. Effects of pressure-controlled with different I:E ratios versus volume-controlled ventilation on respiratory mechanics, gas exchange, and hemodynamics in patients with adult respiratory distress syndrome. Anesthesiology 1994; 80: 983-991.



38. Markstrom AM, Lichtwarck-Aschoff M, Svensson BA, Nordgren K. Ventilation with constant versus decelerating inspiratory flow in experimentally induced acute respiratory failure. *Anesthesiology* 1996;84:882-889.
39. Tugrul M, Camci E, Karadeniz H, Senturk M, Pembeci K, Akpir K. Comparison Of Volume Controlled With Pressure Controlled Ventilation During One-Lung Anaesthesia. *Br J Anaesth* 1997;79(3): 306-310.
40. Davis JK, Branson RD, Campbell RS, Porembka DT. Comparison of volume control and pressure control ventilation: Is flow waveform the difference? *The journal of trauma: injury, Infection, and Critical Care* 1996;41:808-814.
41. Mercat A, Graini L, Teboul J, Lenique F, Richard C. Cardiorespiratory effects of pressure-controlled ventilation with and without inverse ration in the adult respiratory distress syndrome. *Chest* 1993;104:871-875.
42. Muñoz J, Guerrero JE, Escalante JL, Palomino RD. Pressure controlled versus controlled mechanical ventilation with decelerating inspiratory flow. *Crit. Care Med* 1993;21: 1143-1148.
43. Rappaport SH, Shpiner R, Yoshihara G, Wright J, Chang P, Abraham E. Randomized, prospective trial of pressure-limited versus volume-controlled ventilation in severe respiratory failure. *Crit Care Med* 1994;22:22-32.

44. Mang H, Kacmarek RM, Ritz R, Wilson R, Kimball WP. Cardiorespiratory effects of volume-and pressure-controlled ventilation at various I/E ratios in an acute lung injury model. *Am J Respir Crit.Care Med* 1995;151:731-736.
45. Penna AMB. Avaliação pré-anestésica. In: Manica (eds). *Anestesiologia Princípios e Técnicas*. Porto Alegre: Artes Médicas; 2004. p.323-341.
46. K.Takaoka. Manual de Operação.Código do Manual 204010084. Agosto 2001
47. Felten ML, Schmautz E, Cerceau SD, et al. Endotracheal Tube Cuff Pressure Is Unpredictable in Children. *Anesth Analg* 2003; 97:1612-6.
48. Khine H, Corddry DH, Kettrick RG, et al. Comparison of cuffed and uncuffed endotracheal tubes in young children during general anesthesia. *Anesthesiology* 1997; 86:627-31.
49. Brambrink AM, Meyer RR. Manegement of the paediatric airway: new developments. *Curr Opin Anaesthesiol* 2002, 15:329-337.

## ARTIGO

### Resumo

**Justificativa e Objetivos:** Comparar as repercussões na mecânica respiratória e na troca gasosa em pacientes pediátricos submetidos à cirurgia ortopédica em posição lateral sob anestesia geral, utilizando-se dois modos de ventilação mecânica: controlada a volume (VCV) *versus* controlada a pressão (PCV), pois, em anestesia, o benefício de um modo em relação ao outro não está bem estabelecido. **Método:** Ensaio clínico randomizado, realizado entre julho de 2003 e junho 2005 envolvendo crianças (6 meses a 5 anos) submetidas à cirurgia de correção de pé torto congênito no Hospital de Clínicas de Porto Alegre. No modo VCV o volume corrente para se obter  $10\text{ml.kg}^{-1}$  foi fixado. No modo PCV a pressão de pico inspiratória para se obter  $10\text{ ml.kg}^{-1}$  foi fixada. Nos dois modos os pacientes recebiam PEEP  $5\text{cmH}_2\text{O}$  e relação I:E 1:2. Os grupos foram comparados quanto aos efeitos na mecânica ventilatória e na troca gasosa em 4 momentos ao longo da cirurgia com duração de 2 a 3 horas. Os testes t de *Student*, ANOVA, e Qui-quadrado foram utilizados para comparar os grupos. **Resultados:** 37 cirurgias de correção de pé torto congênito entraram no estudo, sendo 18 no grupo VCV e 19 no PCV. Observou-se redução do

volume corrente expirado ao longo da cirurgia em ambos grupos:  $V_T$  em M1 ~119 ml enquanto em M4 foi ~113 ml ( $p=0,03$ ), correspondendo a uma redução de 5% no  $V_T$  ao longo da cirurgia. O número de intervenções (ajustes na frequência respiratória) ao longo do tempo cirúrgico foi semelhante nos dois grupos. As demais variáveis não diferiram. **Conclusões:** durante anestesia geral, em crianças saudáveis, o modo ventilatório não influenciou a estabilidade cardioventilatória das crianças ao longo do tempo cirúrgico no presente estudo.

**Palavras-chave:** Ventilação Mecânica; Ventilação controlada a volume; Ventilação controlada a pressão; Anestesia Pediátrica.

## **Abstract**

**Objectives:** To compare the repercussions on the respiratory mechanics and on the gaseous exchange of pediatric patients submitted to orthopedic surgery in lateral position under general anesthesia using two modes of ventilation: volume controlled ventilation (VCV) versus pressure controlled ventilation (PCV), because, in anesthesiology, the superiority of one over another is not well established. **Methods:** Randomized clinical trial, conducted from July of 2003 through June 2005, involving children (from 6 months to 5 years of age) submitted to surgery of correction of congenital clubfoot in the Hospital de Clínicas de Porto Alegre. In the VCV mode, tidal volume to get  $10\text{ml.kg}^{-1}$  was fixed. In the PCV mode, peak inspiratory pressure to get  $10\text{ ml.kg}^{-1}$  was fixed. In the two ventilations modes the patients received a PEEP of  $5\text{cmH}_2\text{O}$  and relation I:E 1:2. The groups were compared in relation to the effect in the mechanical ventilatory support and the gaseous exchange at 4 times through surgery with duration of 2 the 3 hours. Student t Test, ANOVA, and Chi-square had been used to compare the groups. **Results:** 37 surgeries of correction of congenital clubfoot were included in study, being 18 in the VCV group and 19 in the PCV. Reduction of the exhaled tidal volume along of the surgery in both groups was observed:  $V_t$  in M1  $\sim 119\text{ ml}$  while in M4 was  $\sim 113\text{ ml}$  ( $p=0,03$ ), corresponding to a reduction of 5% in the  $V_T$  through the surgery. The number of interventions (adjustments in the respiratory frequency) along the surgical period was similar in the two groups. Remaining variables had not differed. **Conclusions:** In the present study, involving healthy children submitted to the general

anesthesia using two modes of mechanical ventilation, we did not observed any interferency in the cardio respiratory stability along the surgical period. **Key words:** mechanical ventilatory support; volume control ventilation; pressure control ventilation; Pediatric Anesthesia.

## **Introdução**

A ventilação mecânica (VM) é utilizada em pacientes submetidos à anestesia geral visando manter uma adequada ventilação e troca gasosa <sup>1</sup>. A ventilação, como manobra, data dos primórdios da civilização, sendo encontradas referências no Antigo Testamento (Reis I-17:7 e Reis II-4:34). A evolução tecnológica dos aparelhos, aliada ao melhor entendimento da fisiopatologia dos pacientes e sua inter-relação com os parâmetros ventilatórios, têm resultado em menor trauma e diminuição da lesão pulmonar induzida pela ventilação mecânica (LPIV) <sup>1,2</sup>. Até a década de 90, a maioria dos ventiladores de anestesia disponibilizava apenas a ventilação controlada a volume ou a ventilação limitada a pressão com fluxo contínuo. Recentemente, o modo de ventilação controlada a pressão tem sido incorporado aos aparelhos de anestesia, já como ocorria naqueles utilizados em terapia intensiva <sup>3,4</sup>.

Os novos ventiladores permitem leituras mais precisas dos parâmetros ofertados ao paciente, assim como medidas de volumes, complacência e resistência. A ventilação controlada a pressão (PCV) é um modo no qual o ventilador libera o fluxo inspiratório com padrão desacelerado, determinando rápido aumento na pressão de vias aéreas. Esta pressão previamente estabelecida é mantida durante toda inspiração, cuja duração é determinada em função da frequência respiratória. Dessa forma, diferente da ventilação controlada a volume, o volume corrente e o fluxo inspiratório variam em função da pressão estabelecida, do tempo inspiratório e das características de resistência e complacência do sistema respiratório <sup>5-8</sup>.

Teoricamente, em função de um fluxo inicial alto para atingir rapidamente a pressão determinada, seguida de uma desaceleração do fluxo para manter a pressão constante nas vias aéreas durante toda a inspiração, a PCV melhoraria a distribuição do gás inspirado e as trocas gasosas, otimizando a relação ventilação-perfusão<sup>5,7,8</sup>. Por outro lado, sabe-se que, em pacientes anestesiados, a formação de atelectasias é precoce, e a alteração da complacência nestes pacientes, sem ajuste nos picos de pressão, poderia levar a uma diminuição do volume corrente com conseqüente hipoxemia<sup>9</sup>. Entretanto, sobretudo em anestesia pediátrica, persiste aberta a questão sobre as possíveis vantagens no uso da ventilação controlada a pressão (PCV) *versus* ventilação controlada a volume (VCV)<sup>10</sup>.

Nesse estudo comparamos as repercussões na mecânica respiratória e na troca gasosa em pacientes pediátricos submetidos à cirurgia ortopédica em posição lateral sob anestesia geral, utilizando-se dois modos de ventilação mecânica: controlada a volume *versus* controlada a pressão.

## **Método**

Entre julho de 2003 e junho de 2005, conduzimos um ensaio clínico controlado, randomizado e aberto, no qual foram incluídas crianças (seis meses a cinco anos), de ambos os sexos, submetidas à cirurgia de correção de pé torto congênito no Bloco Cirúrgico do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (Brasil), classificadas como estado físico ASA I e II. Foram excluídos pacientes com doença pulmonar ou asma grave;



bronquiolite nos últimos três meses; história de infecção de vias aéreas superiores na última semana; internação em Unidade de Tratamento Intensivo com uso de ventilação mecânica, exceto no período neonatal; alergia aos agentes anestésicos incluídos no protocolo; doença neuromuscular com repercussão na ventilação ou recusa do responsável pelo paciente em participar da pesquisa. O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Hospital de Clínicas de Porto Alegre e necessitava que os pais ou responsáveis lessem e fimassem o consentimento informado livre e esclarecido.

O paciente incluído no estudo foi alocado para um dos dois grupos, utilizando-se a tabela de randomização em blocos de oito através de sorteio simples: o grupo 1 foi ventilado em VCV e o grupo 2 foi ventilado em PCV durante o período de coleta dos dados.

Os pacientes receberam pré-medicação com midazolam via oral  $0,5 \text{ mg.kg}^{-1}$  20-30 minutos antes da cirurgia. Na sala cirúrgica iniciava-se a monitorização não-invasiva com eletrocardiograma na derivação DII, pressão arterial não-invasiva (PANI) com medida da pressão arterial sistólica (PAS), diastólica (PAD) e média (PAM), saturação da hemoglobina pela oximetria de pulso ( $\text{SpO}_2$ ), capnografia para medição da concentração expiratória de dióxido de carbono ( $\text{PeTCO}_2$ ) e monitoramento da temperatura nasofaríngea ( $T_{\text{nas}}$ ) através do monitor multiparâmetro Takaoka<sup>®</sup> (São Paulo, Brasil). Além da monitorização contínua da  $\text{SpO}_2$  e  $\text{PeTCO}_2$ , avaliamos a troca gasosa através de três gasometrias arteriais coletadas durante a cirurgia.

O volume corrente (inspiratório e expiratório), assim como os dados da mecânica ventilatória (complacência dinâmica e estática, pressão de pico inspiratório, pressão de platô, pressão média de vias aéreas, resistência do sistema respiratório e pressão positiva ao final da expiração) foram extraídos do monitor integrado ao ventilador do aparelho de anestesia Nikkei (Takaoka®).

A indução da anestesia foi inalatória com sevoflurano e oxigênio a 100% em sistema sem absorvedor, avalvular, tipo duplo T de Baraka. A seguir foi obtido acesso venoso periférico com extracath nº 22 ou 24. Foi realizado citrato de fentanila  $2 \mu\text{g} \cdot \text{Kg}^{-1}$  IV e propofol®  $3 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  IV para intubação orotraqueal realizada por laringoscopia direta. Os tubos traqueais com balonete foram selecionados pela seguinte fórmula: idade/4 + 3,5<sup>11-16</sup>. Após fixação do tubo e proteção ocular o paciente foi posicionado lateralmente para realização do bloqueio caudal ou bloqueio da inervação do pé ( a nível de fossa poplíteia ou de tornozelo) com finalidade de analgesia pós-operatória. Os pacientes foram posicionados conforme rotina para essa cirurgia em decúbito lateral com o membro a ser operado para baixo. Nesse colocava-se um garrote pneumático que era inflado antes da incisão, para diminuição do sangramento durante a cirurgia.

A manutenção foi realizada com anestesia inalatória com isoflurano em 1 Concentração Alveolar Mínima (CAM) de acordo com a faixa etária (com variação de 1,3-1,7 CAM), utilizando-se uma mistura de oxigênio e ar comprimido medicinal, mantendo a  $\text{FiO}_2$  de 0,5 com fluxo total médio de  $2 \text{l} \cdot \text{min}^{-1}$ . Após a realização do bloqueio regional foi administrado atracúrio  $0,5 \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , sendo aplicadas mais 20% da dose inicial a cada 30 minutos ou antes das medidas de mecânica ventilatória. Ao final

do procedimento cirúrgico, antes da extubação, o relaxamento muscular de todos os pacientes foi revertido com Neostigmine ( $0,03 \text{ mg.Kg}^{-1}$ ) e Atropina ( $0,015 \text{ mg.kg}^{-1}$ ). Após a extubação, os pacientes foram encaminhados para a sala de recuperação pediátrica em ventilação espontânea.

### **Ajuste da Ventilação Mecânica – Protocolo do estudo**

O ventilador do Aparelho de Anestesia Nikkei – Takaoka<sup>®</sup> (São Paulo, Brasil) foi ajustado para liberar os variáveis ventilatórias de acordo com o modo em estudo: VCV ou PCV.

Nos dois modos a frequência respiratória (fR) foi ajustada de acordo com a faixa etária: crianças 6 meses-1 ano de idade, fR 25-30 ciclos.  $\text{min}^{-1}$ ; 1- 2 anos de idade, fR de 20-24 ciclos.  $\text{min}^{-1}$ ; 2-3 anos, fR 16-22 ciclos.  $\text{min}^{-1}$ ; e crianças 3-5 anos, fR 14-20 ciclos.  $\text{min}^{-1}$ . Utilizamos a relação de tempo inspiratório e tempo expiratório (R I:E) de 1:2, e uma pausa inspiratória de 25% do tempo inspiratório no grupo VCV. Os pacientes dos dois grupos receberam PEEP 5  $\text{cmH}_2\text{O}$ . A pressão máxima de segurança foi fixada em 35  $\text{cmH}_2\text{O}$ .

Todos os pacientes inicialmente eram ventilados no modo VCV com  $V_T$  inicial de  $10\text{ml.kg}^{-1}$ . Nos pacientes alocados para o grupo VCV esse modo era fixado com onda de fluxo quadrada.

Nos pacientes randomizados para o grupo PCV fazia-se o ajuste da pressão de via aérea inspiratória para manter um volume corrente de  $10\text{ml.kg}^{-1}$ . Uma vez obtido esse valor, a pressão de pico era fixada e as intervenções necessárias eram feitas através

do ajuste de outras variáveis. No modo PCV, onda de fluxo desacelerado, o término do tempo inspiratório pré-fixado foi monitorado através da curva fluxo X tempo, de forma a garantir fluxo zero ao final da inspiração.

As medidas ventilatórias, hemodinâmicas e gasométricas foram realizadas nos seguintes momentos: M1 - paciente em decúbito lateral, 5-10 minutos após estabilização no modo ventilatório alocado; M2 - 50 minutos após o início da cirurgia; M3 - após retirada do garrote com paciente em VM (não era realizada a gasometria); M4 - final da cirurgia, paciente ainda em VM. Todos os pacientes foram anestesiados e tiveram o controle ventilatório realizado pelo mesmo anestesista (FA).

### **Manejo de Alterações Hemodinâmicas e Respiratórias no Transoperatório**

**O manejo de alterações transoperatórias obedeceu a condutas pré-estabelecidas, sendo a hipoxemia diagnosticada por uma diminuição de SpO<sub>2</sub> em 5% no valor basal ou níveis de PaO<sub>2</sub> inferiores a 60 mmHg. Ajustava-se a FiO<sub>2</sub> para 1,0 e, caso não se obtivesse melhora, fazia-se a manobra de recrutamento alveolar.**

Nas alterações da ventilação como hipercarbia (PaCO<sub>2</sub> > 50 mmHg ou PeTCO<sub>2</sub> > 45 mmHg), aumentava-se a fR em 20%, de 2 em 2 ciclos. No caso de hipocarbia (PaCO<sub>2</sub> < 30 mmHg ou PeTCO<sub>2</sub> < 25 mmHg), reduzia-se a fR em 20% até correção respeitando-se o intervalo para cada faixa etária.

Os pacientes que eventualmente apresentassem intercorrências que não respondessem a esses ajustes seriam excluídos do estudo.

Outras alterações na hemodinâmica ou suspeita de plano de anestesia inadequado, isto é, analgesia, hipnose, relaxamento muscular inadequados, foram corrigidas com opióides, hipnóticos, expansão volêmica ou vasopressores.

### ***Análise Estatística***

*Os dados foram analisados usando um programa estatístico SPSS Windows versão 12.02. As variáveis contínuas foram expressas em médias com o respectivo desvio padrão, sendo comparadas através do teste t student ou através da ANOVA para medidas repetidas. As variáveis categóricas foram expressas em percentagem e comparadas através do teste Qui-quadrado. Neste estudo foi assumida como diferença significativa entre os dois modos de ventilação uma diferença de 20% no volume expirado entre os dois grupos para um alfa de 0,05 em um poder de 80%. Para tanto, uma amostra de 30 pacientes foi considerada satisfatória.*

### **Resultados**

Entre julho de 2003 a julho 2005 foram realizadas 37 cirurgias para correção de pé torto congênito, sendo 18 pacientes alocados no Grupo VCV e 19 no Grupo PCV. A idade média em ambos os grupos foi ao redor dos 23 meses, com peso em torno dos 12

kilogramas; acima de 60% pertenciam ao sexo masculino. Não observamos diferenças nas características dos pacientes e nos dados pré-anestésicos dos grupos em estudo (Tabela I).

O tempo cirúrgico nos dois grupos não diferiu, sendo de  $158 \pm 42$  minutos no grupo VCV e  $145 \pm 62$  minutos no grupo PCV ( $p=0,32$ ).

Tabela I - Características demográficas dos pacientes

variável	VCV n=18	PCV n=19	p
Idade (meses)	22,2 $\pm$ 12,1	23,8 $\pm$ 13,7	0,697
Sexo Masculino (%)	15 (83)	12 (63)	0,269
Peso (kg)	11,9 $\pm$ 3,3	12,1 $\pm$ 3,8	0,907
Comprimento (cm)	83,7 $\pm$ 10,2	80,4 $\pm$ 11,2	0,357
Superfície Corp (m <sup>2</sup> )	0,5 $\pm$ 0,1	0,5 $\pm$ 0,1	0,811
ASA I (%)	8 (47)	8 (42)	0,505
Jejum (hs)	8,4 $\pm$ 1,0	8,24 $\pm$ 1,3	0,663
Alergia* (%)	3 (17)	3 (17)	0,655
Doença Coexistente (%)	3 (14)	7 (16)	0,260
Cirurgia Prévia (%)	4 (14)	10 (17)	0,149
Prematuridade (%)	5 (29)	3(17)	0,443
Peso Nascimento	2,9 $\pm$ 1,0	2,9 $\pm$ 1,0	0,823
Queixa Respiratória (%)	11 (61)	9 (47)	0,611
Hematócrito %	32,9 $\pm$ 2,8	33,4 $\pm$ 3,2	0,610
Hemoglobina g/dl	10,7 $\pm$ 1,1	10,8 $\pm$ 1,0	0,770
Tabagismo Familiar (%)	13 (77)	10 (53)	0,255

Resultados em média  $\pm$  Desvio Padrão

Legenda: VCV (ventilação controlada a volume);PCV(ventilação controlada a pressão)

\* n=18 grupo pcv

Não observamos diferenças nas médias das variáveis hemodinâmicas nos diversos momentos entre os grupos. Os pacientes apresentaram alterações

hemodinâmicas na FC, PAD, PAM e Tnaso ao longo da cirurgia de forma homogênea (Tabela II).

Tabela II – Valores das médias das variáveis hemodinâmicas estudadas na ventilação mecânica em 4 momentos consecutivos.

Variável	Grupo	Momento				Ao longo tempo	Entre grupos
		M1	M2	M3	M4		
Frequência cardíaca (ciclos.min <sup>-1</sup> )	VCV	124±19	125±21	134±21	134±21	<0,01	0,23
	PCV	123±18	119±23	124±17	131±21		
Pressão Arterial Média (mmHg)	VCV	60,9±11,9	63,7±14,6	57,9±12,0	60,2±12,9	0,02	0,67
	PCV	61,3±8,9	60,9±8,4	56,2±7,3	61,5±10,7		
Temperatura nasofaríngea (°C)	VCV	36,3±0,6	36,5±0,6	36,9±1,0	36,9±0,9	<0,01	0,80
	PCV	36,2±0,7	36,5±0,7	36,8±0,8	36,8±0,8		

Resultados em média ± Desvio Padrão

VCV (ventilação controlada a volume) n=18;PCV(ventilação controlada a pressão) n=19  
M1- paciente em decúbito lateral, 5-10 minutos após estabilização no modo ventilatório alocado; M2 - 50 minutos após o início da cirurgia; M3 – após retirada do garrote pneumático; M4 – final da cirurgia, paciente ainda em Ventilação Mecânica.

Observamos através da ventilometria que, em ambos os grupos, ocorreu redução no volume corrente expirado ao longo da cirurgia:  $V_T$  no M1 ~119 ml enquanto no M4 foi ~113 ml ( $p=0,03$ ). Esta redução foi homogênea, não apresentando diferenças entre os grupos ( $p=0,52$ ) (Tabela III).

Tabela III – Valores das médias da ventilometria e das trocas gasosas estudadas na ventilação mecânica em 4 momentos consecutivos.

Variável	Grupo	Momento				Variação tempo	Variação grupos
		M1	M2	M3	M4		
$V_T$ (ml)	VCV	119,6±34,1	115,6±36,3	116,2±35,8	113,9±36,6	0,03	0,52
	PCV	121,2±37,2	118,2±34,9	113,2±39,2	113,4±39,5		
Frequência Respiratória	VCV	20,7±3,2	20,9±2,8	21,2±2,8	21,0±2,7	0,54	0,71
	PCV	20,9±2,6	20,7±1,9	21,0±2,0	20,9±1,9		
$O_2$ inspiratório	VCV	53,0±4,1	52,1±1,7	49,31±12,3	50,3±13,0	0,27	0,56
	PCV	54,9±5,9	52,2±1,7	52,25±1,9	4,0±8,1		
$SpO_2$	VCV	98,4±0,7	98,3±0,99	98,4±0,9	98,4±0,8	0,21	0,35
	PCV	98,6±0,6	98,4±1,02	98,7±0,8	98,6±0,7		
$PeTCO_2$	VCV	32,5±4,9	32,6±6,1	35,2±5,8	32,2±9,9	0,07	0,73
	PCV	30,9±5,7	31,8±4,9	35,5±5,0	32,4±9,9		

Resultados em média ± Desvio Padrão

VCV (ventilação controlada a volume)n=18; PCV(ventilação controlada a pressão)n=19

M1- paciente em decúbito lateral, 5-10 minutos após estabilização no modo ventilatório alocado; M2 - 50 minutos após o início da cirurgia; M3 – após retirada do garrote pneumático; M4 – final da cirurgia , paciente ainda em Ventilação Mecânica.

Medidas obtidas no monitor Takaoka integrado ao aparelho de anestesia Nikkei. Relação I:E fixada em 1:2  $V_T$ :volume corrente expirado;  $SpO_2$ : saturação da hemoglobina pela oximetria de pulso;  $PeTCO_2$ : Pressão parcial  $CO_2$  expiratório



Os valores da pressão de pico inspiratória (PPI) e os da pressão média (Pmédia) não diferiram entre os grupos. A média de todos os tempos para as medidas de PPI foi de 24,2cmH<sub>2</sub>O no grupo VCV, e de 22,3 cmH<sub>2</sub>O no grupo PCV (p=0,125). A Pmédia mostrou valores similares entre os grupos: VCV 10,4 cmH<sub>2</sub>O e PCV 10,4 cmH<sub>2</sub>O (p=0,892) (Tabela IV).

As medidas de complacência dinâmica (Cdyn) e complacência estática (Cst) obtidas em ambos os grupos não revelaram diferença. No grupo VCV os valores iniciais de Cdyn estiveram ao redor de  $6,6 \pm 2,5$  ml.cmH<sub>2</sub>O<sup>-1</sup> e situaram-se no M4 em  $6,7 \pm 2,8$  ml.cmH<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>; enquanto no grupo PCV no momento inicial, foi de  $8,0 \pm 4,1$  ml.cmH<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>, atingindo  $7,6 \pm 3,8$  ml.cmH<sub>2</sub>O<sup>-1</sup> no momento final. Em ambos os grupos a complacência dinâmica não apresentou diferenças ao longo do tempo (p=0,34) e tampouco entre os grupos (p=0,3). A resistência do sistema respiratório medida na expiração também não diferiu entre os grupos e ao longo da cirurgia (Tabela IV).

Tabela IV – Valores das médias das variáveis da mecânica respiratória em 4 momentos consecutivos.

Variável	Grupo	Momento				Variação tempo	Variação grupos
		M1	M2	M3	M4		
PPI	VCV	23,8±4,5	24,3±3,7	24,3±3,8	24,6±4,4	0,92	0,11
	PCV	22,9±4,6	22,2±3,6	22,1±3,6	22,0±3,6		
Pmédia	VCV	10,8±2,2	9,9±1,5	10,3±1,0	10,6±1,7	0,63	0,33
	PCV	10,6±1,8	10,6±1,6	10,6±1,7	10,1±1,4		
Pplat	VCV	20,7±3,5	21,3±3,3	20,9±5,2	21,4±5,3	0,86	0,38
	PCV	20,7±4,7	20,3±3,4	19,9±3,4	19,9±3,3		
PEEP	VCV	5,7±0,5	5,8±0,4	5,9±0,2	5,7±1,0	0,48	0,51
	PCV	5,8±0,4	5,9±0,3	5,8±0,3	5,9±0,2		
Raw	VCV	43,7±13,7	44,2±15,2	43,5±12,5	49,1±23,7	0,44	0,27
	PCV	40,8±11,7	39,8±9,5	39,4±8,9	39,1±9,8		
Cst	VCV	7,9±2,6	7,8±3,5	7,7±3,2	7,9±3,4	0,17	0,39
	PCV	9,3±4,9	8,7±3,8	8,6±4,0	8,5±4,2		
Cdyn	VCV	6,6±2,5	6,6±2,6	6,8±2,8	6,7±2,8	0,34	0,30
	PCV	8,0±4,1	7,58±3,9	7,8±3,8	7,6±3,8		

Resultados em média ± DP. VCV (ventilação controlada a volume) n=18; PCV (ventilação controlada a pressão) n=19 M1- paciente em decúbito lateral, 5-10 minutos após estabilização no modo ventilatório alocado; M2 - 50 minutos após o início da cirurgia; M3 – após retirada do garrote; M4 – final da cirurgia, paciente ainda em Ventilação Mecânica. Medidas obtidas no monitor Takaoka integrado ao aparelho de anestesia Nikkei. Relação I:E fixada em 1:2 PPI: pressão de pico inspiratória (cm H<sub>2</sub>O); Pmédia: pressão média da via aérea (cm H<sub>2</sub>O); Pplat: pressão de platô (cm H<sub>2</sub>O); PEEP: pressão positiva no final da expiração (cm H<sub>2</sub>O); Raw: resistência no sistema respiratório (cmH<sub>2</sub>O/L/s); Cst: complacência estática do sistema respiratório (ml.cm<sup>-1</sup>H<sub>2</sub>O); Cdyn: complacência dinâmica do sistema respiratório (ml.cm<sup>-1</sup>H<sub>2</sub>O)

Em relação às trocas gasosas, a PaO<sub>2</sub> média nos dois grupos foi semelhante: no Grupo VCV PaO<sub>2</sub> ~ 234mmHg e no Grupo PCV PaO<sub>2</sub> ~ 221mmHg (p=0,429) (Tabela V).

A média da PaCO<sub>2</sub> do grupo VCV foi de 36,6 mmHg; no grupo PCV foi de 37,5 mmHg, não sendo observadas diferenças significativas entre os grupos (p=0,582) e ao longo do tempo(Tabela V).

Tabela V – Valores das médias das variáveis gasométricas em 3 momentos consecutivos.

Variável	Grupo	Momento			Ao longo tempo	Entre grupos
		M1	M2	M4		
pH	VCV	7,37±0,06	7,36±0,04	7,33±0,04	<0,001	0,87
	PCV	7,39±0,06	7,36±0,06	7,33±0,06		
PaCO <sub>2</sub>	VCV	36,3±5,7	36,0±3,6	37,6±4,3	0,10	0,92
	PCV	36,4±6,3	37,1±4,9	38,5±5,5		
HCO <sub>3</sub>	VCV	20,7±2,4	19,8±2,1	19,3±1,8	<0,001	0,95
	PCV	21,3±2,2	20,4±2,2	19,7±2,1		
CO <sub>2</sub> T	VCV	21,8±2,5	20,9±2,1	20,4±1,9	<0,001	0,95
	PCV	22,5±2,3	21,5±2,2	20,9±2,2		
EB	VCV	-3,78±2,64	-4,93±2,30	-6,03±2,04	0,02	0,39
	PCV	-2,99±2,21	-4,44±2,58	-4,28±4,73		
PaO <sub>2</sub>	VCV	224,5±60,1	226,8±59,4	239,1±44,5	0,77	0,86
	PCV	217,5±65,7	221,6±55,6	221,3±40,9		

Resultados em média ± DP. VCV (ventilação controlada a volume)n=18; PCV(ventilação controlada a pressão)n=19 pH mEq/l; pCO<sub>2</sub> mmHg; HCO<sub>3</sub> mEq/l; CO<sub>2</sub>T mEq/l; E.B.(excesso base)mEq/l; PO<sub>2</sub> mmHg M1- paciente em decúbito lateral, 5-10 minutos após estabilização no modo ventilatório alocado; M2 - 50 minutos após o início da cirurgia; M4 – final da cirurgia , paciente ainda em Ventilação Mecânica .

O pH inicial no grupo VCV era de 7,37 mEq/l enquanto no PCV era de 7,39 mEq/l e no M4 observou-se uma redução significativa ( $p < 0,01$ ), com o pH situando-se em 7,33 mEq/l em ambos grupos. As mesmas diferenças foram observadas em relação ao  $\text{HCO}_3$  sérico (Tabela V).

Os ajustes realizados na ventilação mecânica ao longo da cirurgia foram por hipo ou hipercarbúria, sem diferença entre os grupos. No grupo VCV seis pacientes tiveram algum ajuste na ventilação ao longo do procedimento e no grupo PCV cinco pacientes ( $p = 0,915$ ). Não houve nenhum caso de hipoxemia no transoperatório que necessitasse de aumento de  $\text{FiO}_2$ .

## **Discussão**

**Poucos estudos têm se preocupado com a estratégia ventilatória aplicada em anestesia pediátrica. O presente estudo é, neste sentido, inédito por testar em crianças, durante cirurgia eletiva, qual seria o modo ventilatório que proporcionaria menos alterações nas trocas gasosas e na mecânica ventilatória, tendo como principais achados: a) Redução do volume corrente expirado ao longo da cirurgia independente do modo de ventilação utilizado; b) O modo ventilatório (PCV ou VCV) não alterou a mecânica respiratória, as trocas gasosas e a hemodinâmica dos pacientes, que apresentaram comportamento semelhante ao**

longo do tempo; c) O número de intervenções (ajustes na frequência respiratória) ao longo do tempo cirúrgico foi semelhante nos dois grupos.

Os modos ventilatórios descritos como VCV ou PCV são classificados, respectivamente, conforme o controle do volume corrente ou da pressão máxima inspiratória nas vias aéreas <sup>5</sup>. Em nosso trabalho demonstramos que os dois modos são igualmente efetivos e, quando se obtém o mesmo volume de ar corrente nos dois modos com a mesma relação I:E, o que continua discernindo-os é a forma da onda de fluxo entregue ao paciente.

Nosso estudo mostrou uma diminuição do  $V_T$  ao longo da cirurgia, mesmo no grupo VCV, no qual esse, teoricamente, deveria manter-se fixo. Apesar de significativa a diminuição do  $V_T$  foi  $\pm 5\%$ , correspondendo a menos de  $1\text{ml.kg}^{-1}$ .

Uma hipótese para a diminuição do volume corrente pode ser devido a algum vazamento pequeno pelo tubo endotraqueal não percebido pela ausculta e não visualizado pela curva fluxo X volume. Apesar de tradicionalmente em pediatria não se utilizar tubos com balonete até os 8-10 anos de idade, atualmente algumas vantagens têm sido apontadas com seu uso <sup>13,14</sup>. Uma delas seria o menor vazamento de gás anestésico em comparação aos tubos sem balonete, com conseqüente diminuição da poluição ambiental em sala cirúrgica e maior precisão no volume ofertado <sup>11,12</sup>. Mesmo quando se usa tubos com balonete, espera-se que, ao se aplicar uma PPI  $> 20\text{cmH}_2\text{O}$ , exista algum vazamento, de forma que a pressão do balonete não esteja excessiva, causando isquemia tecidual. Como a PPI nos dois grupos variou de 22-24,6  $\text{cmH}_2\text{O}$ , é esperado um pequeno vazamento ao

redor do tubo, e isto pode ocasionar a diferença correspondente ao volume fixado do que era medido <sup>16</sup>.

A existência de vazamento no sistema respiratório (conexões) também poderia ser questionada, entretanto, excluimos esse fato, pois, sempre antes de o aparelho de anestesia ser utilizado, este era testado conforme as orientações contidas no manual para verificação de possíveis vazamentos ou falhas.

Outra questão é em relação à precisão do aparelho de anestesia. Apesar de não encontrarmos nenhuma citação no manual deste aparelho, sabe-se que a maioria dos ventiladores trabalham com uma variabilidade entre os ciclos <sup>17</sup>.

A oximetria de pulso e a PaO<sub>2</sub> não se modificaram ao longo da cirurgia nos dois modos ventilatórios. A ventilação (PeTCO<sub>2</sub> e PaCO<sub>2</sub>) também não alterou, devendo ser considerado o fato de que as intervenções eram feitas na fR justamente para manter PeTCO<sub>2</sub> dentro dos limites previamente estabelecidos.

A formação de atelectasias e áreas com pobre ventilação pulmonar acontecem durante anestesia geral tanto em adultos como em crianças. Em um estudo prospectivo, avaliando crianças anestesiadas com e sem PEEP (5cmH<sub>2</sub>O), observou-se que a frequência de atelectasias foi menor quando empregada a manobra de recrutamento alveolar em ambos os grupos <sup>9</sup>. Estes resultados mostraram a importância do recrutamento pulmonar para melhorar a oxigenação e a complacência pulmonar. Sabe-se que o tecido pulmonar colapsado além de reduzir a complacência pulmonar também piora a oxigenação do sangue arterial <sup>9,18-21</sup>. Em nosso trabalho, apesar de não termos feito avaliação por imagem de

áreas com atelectasias, não encontramos diminuição na PaO<sub>2</sub> nesses pacientes. E, embora não tenhamos medido separadamente a complacência pulmonar, a complacência do sistema respiratório não se alterou.

Bergman, na década de 60, estudou os modos VCV e PCV conforme a diferença da onda de fluxo na distribuição dos gases sanguíneos, em pacientes adultos saudáveis durante anestesia geral, não mostrando benefício de um modo em relação ao outro <sup>7,8</sup>. Nossos resultados de acordo com os publicados por Bergman em adultos, mostraram que o comportamento pulmonar em crianças saudáveis submetidas à anestesia geral não é influenciado pelo modo ventilatório, diferente dos pacientes que necessitam de ventilação por insuficiência ventilatória <sup>7,8</sup>.

A maioria dos estudos comparando VCV *versus* PCV foi realizada em adultos com lesão pulmonar aguda <sup>22-24</sup>. Em um estudo que avaliou em 10 pacientes com insuficiência respiratória grave os efeitos cardiorrespiratórios do modo ventilatório, a troca de VCV para PCV foi associada com melhora significativa na PaO<sub>2</sub>, oferta de O<sub>2</sub>, consumo de O<sub>2</sub> e a pressão de pico inspiratório diminuiu, sugerindo que a PCV pode ser um modo benéfico no tratamento da insuficiência respiratória grave <sup>22</sup>. Outro estudo retrospectivo avaliou 40 pacientes com asma grave necessitando de VM. A PCV foi utilizada como estratégia inicial, diferente do modo que esses autores consideravam tradicional para essa patologia (VCV). Esse trabalho avaliando a medida de gases sanguíneos apresentou resultados adequados com esse modo ventilatório no tratamento de crianças em mal asmático,

**mostrando-se uma opção terapêutica <sup>25</sup>. Nosso trabalho não apontou tal diferença, talvez pelos critérios de inclusão, pois estudamos crianças sem patologias pulmonares graves. As medidas escolhidas para avaliação foram insuficientes para detectar tal diferença sutil ou somente por serem mensuradas a nível de marcadores moleculares.**

**Em relação às alterações no pH e EB ocorridas nas gasometrias arteriais, observamos que foram similares nos dois grupos e ocorreram principalmente no momento após liberação do garrote pneumático. Provavelmente esse achado represente metabólitos liberados acumulados durante o período em que o membro inferior ficou isquêmico <sup>26</sup>. Apesar dessa diferença significativa entre o início e o fim da cirurgia, os valores permaneceram normais.**

Menos de 50% dos pacientes em cada grupo precisaram de algum ajuste na ventilação mecânica no transoperatório desta cirurgia com duração de 2-3 horas sem diferença entre os modos. Uma vez que tínhamos estabelecido padrões iniciais para ventilar crianças sem comprometimento pulmonar, foi possível nos dois modos ter um desempenho adequado <sup>27</sup>. Esses ajustes, caracterizados por aumento ou diminuição da frequência respiratória, foram necessários para atender ao protocolo que previa uma estratégia ventilatória com um limite estreito nos níveis de  $PeT\text{CO}_2$  e  $Pa\text{CO}_2$ . Foram pequenos ajustes e não houve nenhum caso de hipoxemia.

Um estudo recente realizado por Brégeon e cols acrescenta um dado importante sobre este tema <sup>28</sup>. Em modelo experimental ele demonstrou que ventilar pulmão de animais com septicemia é diferente quando comparado com pulmões normais ao se



aplicar um  $V_T$   $10\text{ml.kg}^{-1}$  com ou sem PEEP. Em coelhos com septicemia transitória ventilados com  $V_T$   $10\text{ml.kg}^{-1}$  houve sinais de lesão pulmonar aguda com hipoxemia e alterações histológicas. Já em coelhos normais com a mesma estratégia ventilatória não houve alterações<sup>29</sup>. Esse trabalho, de acordo com o nosso, mostrou que essa estratégia ventilatória em pacientes com pulmões normais não é lesiva diferentemente do que ocorre em pulmões doentes.

A escolha dessa situação clínica se tornou possível à medida que não existe uma opção padrão de como ventilar crianças no transoperatório. Também surgiu da necessidade de estudar melhor a faixa etária pediátrica, uma vez que a maioria dos trabalhos publicados somente abrange a população adulta<sup>29-33</sup>. Dos trabalhos que estudam adultos, a maioria é caracterizada por pacientes com doenças graves. Os trabalhos publicados em pediatria ou estudam alterações na mecânica pulmonar conseqüentes da correção cirúrgica, ao longo do tempo ou referentes a mudanças na posição do paciente<sup>19,35,36</sup>. Nosso estudo visou restringir-se inicialmente a uma determinada situação clínica para, no futuro, estabelecer os benefícios de um modo ou de outro na presença de situações mais complexas. Também buscou uma população com função pulmonar supostamente normal, pois estes refletem, em geral, a população de crianças submetidas a cirurgias eletivas.

Uma crítica que poderia ser feita quanto à técnica anestésica utilizada no estudo foi o fato de não termos utilizado monitorização do relaxamento muscular, que, por sua vez, foi compensada complementando-se a droga de acordo com sua farmacocinética. Não há como afastar que tenham sido utilizadas doses maiores, entretanto este é um fator que, se ocorreu, imagina-se que afetou ambos os grupos. Uma outra limitação seria

relacionada à ampla faixa etária de nossa amostra, que abrangia de 6 meses a 5 anos. Entretanto, deve-se ressaltar que 70% pacientes encontravam-se entre 12 e 36 meses.

Muitos avanços têm sido feitos nos testes de função pulmonar durante ventilação mecânica em pediatria. A maioria das técnicas de mensuração são sofisticadas e aplicáveis apenas para fins de pesquisa. Nosso estudo buscou verificar se o uso da ventilação controlada a volume ou da ventilação controlada a pressão traria diferenças nas trocas gasosas e na mecânica respiratória através de ajustes fixos e de outros que pudessem variar de acordo com a monitorização clínica e laboratorial utilizando recursos disponíveis na nossa prática.

**Apesar de a ventilação mecânica em anestesia pediátrica estar fortemente vinculada aos recursos tecnológicos presentes nos centros cirúrgicos, essa tecnologia encontra-se cada vez mais disponível, cabendo a nós desfazer mitos que surgiram no período em que a anestesia em pediatria não passava de uma adaptação do que era realizado em adultos ou do que se praticava em UTIP. Hoje, com a disposição de uma monitorização mais refinada, podemos obter junto ao paciente mudanças na mecânica respiratória, sendo possível intervir de forma mais precoce nos volumes e pressões utilizadas antes de haver alterações nas trocas gasosas.**

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wrigge HMD, Zinserling JMC, Stuber FMD, Von Spiegel T, Hering R, Wetegrove S, Hoeft A et al. Effects of mechanical Ventilation on Release of Cytokines into Systemic Circulation in Patients with Normal Pulmonary Function. *Anesthesiology*, 2000;93:1413-17.
2. Tanaka I, Imperial MCG. Histórico da Ventilação Pulmonar mecânica. IN: Carvalho WB, Hirschheimer MR (eds). *Ventilação pulmonar mecânica em neonatologia e pediatria*. 2<sup>th</sup> ed. São Paulo:Atheneu; 2004. p.3 -11.
3. Fortis EAF, Fortis NAM. O aparelho de anestesia. In: Manica J e col (eds). *Anestesiologia: Princípios e Técnicas*. 2<sup>th</sup> ed. Porto Alegre: Artes Médicas; 1997. p105-141.
4. Fortis EAF, Fortis NAM. Ventiladores em anestesia. In: Manica J e col (eds). *Anestesiologia: Princípios e Técnicas*. 2<sup>th</sup> ed. Porto Alegre: Artes Médicas; 1997. p142-167.

5. Pinheiro BV, Holanda MA, Larges CM, Beppu OS. Volume controlled ventilation *versus* pressure controlled ventilation in a canine acute lung injury model: effects on cardiorespiratory parameters and oxygen cost of breathing. *J Pneumol* 2002;28:15-22.
6. Piva J, Garcia PCR, Amantéa S. Ventilação Mecânica em Pediatria IN: Piva JP, Garcia PC (eds). *Medicina Intensiva em Pediatria*. Rio de Janeiro: Revinter; 2005. p487-508.
7. Bergman NA. Effects of varying respiratory waveforms on gas exchange. *Anesthesiology* 1968;28:390-395.
8. Bergman NA. Effect of varying respiratory waveforms on distribution of inspired gas during artificial ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1969;100:518-525.
9. Tusman G, Bohm SH, Tempra A, Melkun F, Garcia E, Turchetto E, Mulder PGH, Lachmann B. Effects of Recruitment Maneuver on Atelectasis in Anesthetized Children. *Anesthesiology* 2003; 98:14-22.
10. Pascucci RC. Pediatric Intensive Care. In: Gregory GA (ed) *Pediatric Anesthesia*. 4<sup>th</sup>ed. San Francisco, California: Churchill Livingstone; 2002.p831-898.
11. Khine H, Corddry DH, Kettrick RG. Comparison of cuffed and uncuffed endotracheal tubes in young children during general anesthesia. *Anesthesiology*

1997;86:627-31.

12. Brambrink AM, Meyer RR. Management of the paediatric airway: new developments. *Curr Opin Anaest* 2002, 15:329-337.

13. Eck John, Dear GL, Phillips-Bute BG, Ginsberg B. Prediction of tracheal tube size in children using multiple variables. *Paed Anaesth* 2002;12:495-498.

14. Weiss M, Dullenkopf A, Gysin C, Dillier CM, Gerber AC. Shortcomings of cuffed paediatric tracheal tubes. *Br J Anaesth* 2004; 92:78-84.

15. Manczur T, Greenough A, Graham N, Gerrard R. Resistance of pediatric and neonatal endotracheal tubes: Influence of flow rate, size, and shape. *Crit Care Med* 2000;28;1595-1598.

16. Felten ML, Schmautz E, Cerceau SD. Endotracheal Tube Cuff Pressure Is Unpredictable in Children. *Anesth Analg* 2003; 97:1612-6.

17. K.Takaoka. Manual de Operação.Código do Manual 204010084. Agosto 2001

18. Bendixen HH, Hedley-White J, Chir B. Impaired oxygenation in surgical patients during anesthesia with control ventilation. *N England J Med* 1963; 269:991-6.

19. Numa AH, Hammer J, Newth CJL. Effect of prone and supine position on functional residual capacity, oxygenation, and respiratory mechanics in ventilated infant and children. *Am J Respir Crit Care Med* 1997;156:1185-1189.
20. Graciano LA, Freid EB: High-frequency oscillatory ventilation in infants and children. *Curr Opin Anaest* 2002;15:161-166.
21. Thorsteisson A, Werner O, Jonmarker C. Airway closure in anesthetized infants and children: influence of inspiratory pressures and volumes. *Acta Anaesthesiol Scand* 2002; 46:529-536.
22. Abraham E, Yoshihara GRR. Cardiorespiratory effects of pressure controlled ventilation in severe respiratory failure. *Chest* 1990;98:1445-1449.
23. Dreyfuss D, Saumon G. Evidence-based medicine or fuzzy logic: what is best for ARDS manegement? *Intensive Care Med* 2002; 2228:230-234.
24. Guldager H, Nielsen S, LCarl, Soerensen MB. A Comparison Of Volume Control And Pressure-Regulated Volume Control Ventilation In Acute Respiratory Failure. *Critical Care*1997;2:75-77.

25. Sarnaik AP, Daphtary KM, Meert KL, Lieh-Lai M, Heidemann SM. Pressure-controlled ventilation in children with severe status asthmaticus. *Pediatr Crit Care Med* 2004;5:133-138.
26. Goodarzi M, Shier NH, Ogden JA. Physiologic changes during tourniquet use in children. *Can J Anaesth* 1994;41: 50-54.
27. Brown K, Aun C, Stocks J. A Comparison of Respiratory of the Effects of Sevoflurane and Halothane in Infants and young Children. *Anesthesiology*. 1998; 89: 86-92.
28. Bregeon F, Delpierre S, Chetaille B, Kajikawa O, Martin T, Autillo-Touati A et al. **Mechanical Ventilation** Affects **Lung Function** and Cytokine Production in an Experimental Model of Endotoxemia. *Anesthesiology* 2005; 102:331-39.
29. Hickling, K. G.;Walsh, J.;Henderson, S. J.&Jackson, R. Low Mortality Rate In Adult Respiratory Distress Syndrome Using Low -Volume, Pressure -Limited Ventilation With Permissive Hipercapnia: Aprospective Study. *Crit Care Med* 1994;22:1568-1578.
30. Al-Saady, N.&Bennett, E. D. Decelerating Inspiratory Flow Wave Form Improves Lung Mechanics And Gas Exchange In Patients On Intermittent Positive Pressure Ventilation. *Intensive Care Med* 1985; 11:68-75.

31. Johansson H. Effects On Breathing Mechanics And Gas Exchange Of Different Inspiratory Gas Flow Patterns In Patients Undergoing Respiratory Treatment. *Acta Anesthesiol Scand* 1975; 19:19-27.
32. Muñoz, J.;Guerrero, J. E.;Escalante, J. L.;Palomino, R.&De La Calle, B. Pressure Controlled Versus Controlled Mechanical Ventilation With Decelerating Inspiratory Flow. *Crit. Care Med* 1993; 21:1143-1148.
33. Amato MBO, Barbas CSV, Medeiros DM, Magaldi RB, Schettino GPP, Filho Glet al. Effect of a protective - ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 1998; 338:347-354.
34. Polese G, Lubli P, Luzzani A, Milic-Emili J, Rossi A. Effects Of Inspiratory Flow Waveforms On Arterial Blood Gases And Respiratory Mechanics After Open Heart Surgery. *Eur Respir J* 1997;10:2820-2824.
35. Tugrul M, Camci E, Karadeniz H, Senturk M.. Comparison Of Volume Controlled With Pressure Controlled Ventilation During One-Lung Anaesthesia. *Br J Anaesth.*1997;799: 306-310.
36. Cox R, Ewen A, Bart BB. The prone position is associated with decrease in respiratory system compliance in healthy anaesthetized infant. *Paed Anesth* 2001;11:291-296.



## CONCLUSÕES

Os resultados de nosso estudo nos permitem as seguintes conclusões:

Em cirurgia ortopédica, em posição lateral, de crianças ASA I ou II, a utilização de ventilação mecânica controlada a pressão ou a volume não apresentou diferenças nas repercussões hemodinâmicas durante todo o procedimento.

A troca gasosa foi mantida estável e sem diferença entre os pacientes pediátricos com ventilação mecânica controlada a volume ou a pressão sob anestesia geral em posição lateral.

Volume corrente diminuiu em ambos os grupos ao longo do período anestésico, não podendo ser descartada a possibilidade de um pequeno escape de ar ao redor do tubo endotraqueal, sem causar, entretanto, repercussão clínica.

A complacência do sistema respiratório foi semelhante nos pacientes submetidos aos dois modos ventilatórios ao longo do tempo cirúrgico. Confirma-se ser esta uma cirurgia

que não interfere na mecânica pulmonar; também se confirmam o modo e os parâmetros ventilatórios adotados no que se refere à mecânica e as trocas gasosas como adequados.

**ANEXOS**

---

11

2

3

4

## ANEXO II

## TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

## AUTORIZAÇÃO PARA PARTICIPAR DO PROJETO DE PESQUISA

**NOME DO ESTUDO:** Alterações na mecânica respiratória e troca gasosa em cirurgia ortopédica infantil. Comparação entre duas modalidades ventilatórias : ventilação controlada a volume (VCV) e ventilação controlada a pressão (PCV).

**INSTITUIÇÃO:** Hospital de Clínicas de Porto Alegre

**Pesquisador responsável:** Prof.Dr.Jefferson Piva e Dra.Fabiana Ajnhorn. Fone: 99667956

**Nome do paciente:** \_\_\_\_\_

Está sendo realizado um estudo no Bloco Cirúrgico do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA) para avaliar a função pulmonar de crianças durante a anestesia. Atualmente, milhares crianças são submetidas à cirurgia com anestesia geral necessitando o uso de ventilação mecânica. Isto exige que o anestesista saiba qual a melhor forma de ventilar os pulmões para que não interfira com a sua saúde e desenvolvimento de seu filho.

O senhor (a) terá que responder algumas perguntas antes da cirurgia, dentro das primeiras 24 horas, após a operação e na alta hospitalar. À seguir, receberá um telefonema por semana durante 4 semanas. A anestesia de seu filho será realizada conforme a rotina do HCPA., acrescentando-se a coleta de 3 amostras de sangue arterial. A anestesia consistirá de anestesia geral associada a um bloqueio anestésico para diminuição da dor no pós-operatório. Para que seus pulmões funcionem normalmente é necessário que eles sejam “ventilados”. Nesse estudo vamos utilizar duas formas de ventilação: uma denominada “à volume” e uma forma alternativa denominada “à pressão”. Será realizado um sorteio para saber qual dos dois tipos de ventilação será utilizado durante a cirurgia. Todos os pacientes, durante a realização da cirurgia com anestesia geral têm seus pulmões ventilados utilizando uma dessas duas formas de ventilar. O que nós queremos comparar é se o coração e os pulmões se comportam da mesma maneira ou não nos dois tipos de ventilação. Além disso, queremos saber se mais tarde, até um mês após a cirurgia haverá alguma diferença na sua recuperação de seu filho.

A coleta de amostras de sangue arterial no transoperatório será realizada enquanto seu filho estiver anestesiado, dessa forma ele não sentirá dor. A quantidade de sangue coletada será pequena no máximo 1ml por coleta. Podem ocorrer, raramente, algumas complicações na coleta de sangue, tais como formação de coágulos, lesão de nervos próximos, redução do fluxo sanguíneo, hematoma ou infecção no local da punção.

A autorização para participação de seu filho é voluntária. Se concordar, será utilizada uma das duas formas de ventilar em sua cirurgia. Você receberá visitas de um médico da equipe da Anestesia, da sua internação até a

alta do hospital. Depois, em casa, você receberá telefonemas, um a cada semana, totalizando quatro telefonemas. Este estudo segue as condições estabelecidas na Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde.

### 3. POSSÍVEIS RISCOS E DESCONFORTOS

A decisão de ventilar os pulmões à volume ou à pressão não modifica a incidência de complicações do procedimento cirúrgico. Os riscos são os mesmos nos dois tipos de ventilação e estão relacionados com a aplicação do aparelho ventilador para substituir a sua respiração. É esperada, pelo uso de ventilador, alteração no equilíbrio dos vasos sanguíneos e do coração, com queda da pressão e modificações do comportamento do pulmão. O uso de monitores e a presença constante do Anestesiologista permitem que estas sejam tratadas rapidamente e não interfiram com a sua saúde. Menos freqüentemente pode ocorrer ruptura da membrana do pulmão (pneumotórax) ou ar dentro da pele (enfisema subcutâneo).

Gostaríamos de esclarecer que eventualmente poderá surgir alguma complicação ainda não descrita.

O investigador responsável poderá excluí-lo do estudo, independente de seu consentimento, caso julgue necessário para o melhor encaminhamento do seu caso ou se o senhor (a) não cumprir o programa estabelecido.

6O senhor (a) pode desistir de participar a qualquer momento. Suas decisões de não participar ou de deixar a pesquisa depois de iniciada não afetará o atendimento médico posterior.

7Todas as informações obtidas neste estudo bem como o prontuário hospitalar poderá ser publicado com finalidade científica, mantendo-se o sigilo quanto à identificação dos pacientes.

Declaro ter lido - ou me foram lidas - as informações acima antes de assinar este formulário. Foi-me dada ampla oportunidade de fazer perguntas, esclarecendo plenamente minhas dúvidas. Autorizo a participação de \_\_\_\_\_ no presente projeto de pesquisa.

Porto Alegre, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2004.

-----

-----

Nome do responsável

Vínculo ou

parentesco

-----

Assinatura responsável pelo paciente