

---

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA/PEDIATRIA E  
SAÚDE DA CRIANÇA  
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Priscila Gularte Padoin**

**Avaliação de técnicas de fisioterapia respiratória em modelo experimental de  
atelectasia em suínos recém-nascidos**

**Porto Alegre  
2012**

---

---

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
FACULDADE DE MEDICINA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PEDIATRIA E SAÚDE DA CRIANÇA**

**AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS DE FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA EM MODELO  
EXPERIMENTAL DE ATELECTASIA EM SUÍNOS RECÉM-NASCIDOS**

Priscila Gularte Padoin

Porto Alegre, 2012

---

---

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
FACULDADE DE MEDICINA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PEDIATRIA E SAÚDE DA CRIANÇA**

**AVALIAÇÃO DE TÉCNICAS DE FISIOTERAPIA RESPIRATÓRIA EM MODELO  
EXPERIMENTAL DE ATELECTASIA EM SUÍNOS RECÉM-NASCIDOS**

Priscila Gularte Padoin

Dissertação de Mestrado apresentada  
à Faculdade de Medicina da PUCRS  
para obtenção do Título de Mestre  
em Saúde da Criança

Orientador: Prof. Dr. Humberto Holmer Fiori

Porto Alegre, 2012

---

---

## DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

P124a

Padoin, Priscila Gularte

Avaliação de técnicas de fisioterapia respiratória em modelo experimental de atelectasia em suínos recém-nascidos / Priscila Gularte Padoin. – Porto Alegre, 2012.

63f. : il.

Diss. (Mestrado) - Fac. de Medicina. Programa de Pós-Graduação em Medicina/Pediatria e Saúde da Criança. Mestrado em Pediatria e Saúde da Criança. PUCRS.

Orientador: Prof. Dr. Humberto Holmer Fiori.

1. Pediatria – Estudo Experimental. 2. Fisioterapia respiratória. 3. Atelectasia Pulmonar. 4. Animais Recém-Nascidos (Estudo Experimental). 5. Suínos. 6. Experimentação Animal. I. Fiori, Humberto Holmer. II. Título.

CDD: 616.23

**Bibliotecária Responsável:** Alessandra Pinto Fagundes - CRB10/1244

---

---

**Priscila Gularte Padoin**

**Endereço: Rua Doutor Bozano, 729, apto 1102. CEP 97015-001**

**Santa Maria, RS**

**E-mail: [priscilapadoin@hotmail.com](mailto:priscilapadoin@hotmail.com)**

**Órgão financiador: CNPq e CAPES**

**Conflito de interesses: nenhum**

---

---

## ***Dedicatória***

*Dedico este trabalho à minha querida  
Aline Cordeiro da Silva, pelo  
incansável apoio, dedicação, incentivo,  
diálogo e amor incondicional.*

---

---

## AGRADECIMENTOS

A Deus por iluminar meus caminhos e por me proporcionar conhecer pessoas extraordinárias durante minha caminhada.

À minha família pelo apoio, sacrifícios e orações, especialmente, ao meu pai, Luiz Airton Padoin, que me ensinou a não desistir e ir buscar, ir além sempre; e às minhas irmãs queridas que me inspiraram a buscar a área de pediatria. À Tia Medianeira pelo exemplo de profissional esforçada e dedicada.

À minha querida Jaqueline Basso Stivanin, colega, amiga, companheira de todas as horas, jamais terei palavras suficientes para agradecer a ajuda, apoio, risadas, façanhas. Pessoa que eu admiro muito e, certamente, as dificuldades encontradas, durante o percurso do mestrado, foram amenizadas com a sua ajuda, jamais esquecerei nossos dias em POA. Meus sinceros agradecimentos e que nossa jornada continue!

Ao meu orientador Dr. Humberto Holmer Fiori, pela paciência, profissionalismo.

À Talitha Comaru pela ajuda nas horas mais críticas, por me fazer vislumbrar além dos resultados, aprimorar incansavelmente a escrita deste trabalho. Certamente, sua orientação foi imprescindível para a realização deste trabalho.

Ao pessoal do laboratório de Habilidades Médicas e Cirúrgicas da PUCRS, especialmente, ao Gilmar Moreira, que muito colaborou para realização das coletas deste trabalho. E Giordano Minotti, pelos preciosos conhecimentos veterinários compartilhados para melhor manejo com os animais.

Ao meu namorado, Daniel Padoin Chielle, pelo apoio, tanto técnico como emocional.

Aos meus queridos amigos, Renata Schlessner e Luiz Fernando Lemos, pelo incentivo, palavras positivas, amizade e momentos descontraídos.

À Francine Hartmann e ao Hugo Silveira pela acolhida.

Aos meus amigos que, mesmo não sendo citados aqui, contribuíram para o meu crescimento e torceram por mim.

---

---

## RESUMO

**Objetivo:** comparar a eficácia de duas técnicas de fisioterapia respiratória, em modelo experimental de atelectasia, por obstrução brônquica em suínos recém-nascidos

**Métodos:** 24 suínos foram analgésicos, sedados, traqueostomizados e ventilados mecanicamente. Para a indução da atelectasia, foi infundido muco artificial Poli (óxido de etileno), (Sigma- Aldrich™, Estados Unidos), com bomba de infusão, através do tubo traqueal, com os suínos posicionados em decúbito lateral, com inclinação de 30°. A produção de atelectasia foi confirmada através de radiologia torácica. Para tanto, os animais foram divididos em 3 grupos: o grupo 1 recebeu apenas aspiração traqueal após 20 minutos da confirmação da atelectasia; o grupo 2 foi submetido à técnica de *bag squeezing* seguida de aspiração traqueal; e o grupo 3 recebeu vibração torácica seguida de aspiração traqueal. A eficácia das técnicas foi avaliada através de exame radiológico, feito por dois radiologistas independentes. Para avaliar as alterações durante os procedimentos, foram feitas gasometria arterial e avaliação da mecânica pulmonar antes e depois da indução de atelectasia, bem como imediatamente e 30 minutos após os procedimentos.

**Resultados:** a média da variação percentual da PO<sub>2</sub> foi estatisticamente significativa entre os grupos (controle: 97,80±37,33, *bag squeezing*: 166,75±68,63 e vibração: 104,41±45,45, p=0,0408), evidenciando melhora na oxigenação para o grupo submetido a técnica de *bag squeezing*. As demais variáveis analisadas não apresentaram diferenças significativas.

**Conclusões:** os resultados sugerem que a técnica de *bag squeezing* seja mais eficiente do que a vibração manual, porém a melhora clínica não foi acompanhada de melhora radiológica detectável.

**Palavras-chave:** Atelectasia. Fisioterapia respiratória. Modelo experimental.

---



---

## ABSTRACT

**Objective:** To compare the effectiveness of two techniques of respiratory therapy in an experimental model of atelectasis by bronchial obstruction in newborn pigs.

**Methods:** 24 pigs were analgesiated, sedated, tracheostomized and mechanically ventilated. For the induction of atelectasis, artificial mucus was infused (ethylene oxide, Sigma-Aldrich™, USA) using an infusion pump through the tracheal tube with the pigs in the lateral position and inclined to the 30th. Confirmation of atelectasis was a chest X-ray or by a pressure drop of oxygen in arterial blood. After the animals were divided into 3 groups: group 1 that received tracheal aspiration after 20 minutes of confirmation of atelectasis, group 2 underwent the technique of bag squeezing over tracheal aspiration and group 3 received vibration chest. To evaluate the effectiveness of techniques one second X-ray was done. To evaluate the changes during the procedures were performed arterial blood gases and pulmonary mechanics evaluation pneumotachograph before and after the induction of atelectasis immediately and 30 minutes after the procedure.

**Results:** The mean percentage change in the PO<sub>2</sub> was statistically detect significant between the groups (control: 97,80±37,33, *bag squeezing*: 166,75±68,63 e vibration: 104,41±45,45, p=0,0408), with improvement in oxygenation in the group undergoing the technique of squeezing bag. The remaining variables did not differ.

**Conclusions:** the results suggest that the technique of squeezing bag is more efficient than manual vibration, but clinical improvement was not accompanied by detectable radiological improvement

**Key Words:** Atelectasis. Chest physiotherapy. Experimental model.

---

---

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### CAPÍTULO II

<b>Quadro 1</b> – Estudos em pacientes adultos submetidos à hiperinsuflação manual.....	27
<b>Quadro 2</b> – Estudos comparativos entre os diferentes circuitos utilizados para a hiperinsuflação manual.....	28
<b>Quadro 3</b> – Comparação entre diferentes circuitos de hiperinsuflação manual.....	31
<b>Figura 1</b> - Diferentes tipos de circuitos.....	30

### CAPÍTULO III

<b>Tabela 1</b> – Características basais dos modelos de atelectasia.....	47
<b>Tabela 2</b> -Variáveis analisadas nos momentos M3 e M4.....	48
<b>Tabela 3</b> - Média percentual das variáveis complacência e resistência pulmonar nos momentos M3 e M4.....	49
<b>Quadro 1</b> - Dados da análise da radiografia de tórax quanto a atelectasia nos momentos M2 e M3.....	49

### ANEXOS

<b>Tabela 1</b> – Valores de resistência e complacência durante o estudo.....	60
<b>Figura 1</b> - Raio-x controle: imagens da radiografia de tórax de um animal submetido a técnica de <i>bag squeezing</i> .....	61
<b>Figura 2</b> - Raio-x 1: imagens da radiografia de tórax de um animal submetido a técnica de <i>bag squeezing</i> .....	62
<b>Figura 3</b> – Raio-x 2: imagens da radiografia de tórax de um animal submetido a técnica de <i>bag squeezing</i> .....	63

---

---

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO.....	14
JUSTIFICATIVA.....	17
OBJETIVOS.....	18
REFERÊNCIAS.....	19

### CAPÍTULO II

RESUMO.....	22
ABSTRACT.....	23
ARTIGO DE REVISÃO.....	24
REFERÊNCIAS.....	34

### CAPÍTULO III

RESUMO.....	38
ABSTRACT.....	39
ARTIGO ORIGINAL.....	40
REFERÊNCIAS.....	54

### CAPÍTULO IV

CONCLUSÕES.....	57
-----------------	----

---

---

## ANEXOS

ANEXOS.....	59
-------------	----



# CAPÍTULO I

---

## INTRODUÇÃO

Uma das principais causas de morbi-mortalidade, no período neonatal, são as afecções respiratórias, as quais, muitas vezes, levam a internações hospitalares prolongadas. Isso ocorre devido à imaturidade e vulnerabilidade pulmonar dessa população que, frequentemente, necessitam de suporte ventilatório, tornando-se, assim, suscetíveis as complicações próprias da ventilação mecânica<sup>1</sup>.

Nesse viés, o trabalho conjunto da fisioterapia e da medicina neonatal visa reduzir a morbidade e o tempo de internação dos recém-nascidos, favorecendo, portanto, o prognóstico e a qualidade de vida futura dessas crianças, além de reduzir os custos hospitalares<sup>2</sup>. Nesse sentido, cabe expor que o objetivo da fisioterapia respiratória neonatal consiste em depuração brônquica, remoção de secreções e tampões mucosos e a consequente melhora na troca gasosa, a prevenção de atelectasias através de técnicas específicas, como a vibração torácica e *bag-squeezing*, dentre outras técnicas descritas na literatura<sup>2,3</sup>. A manobra de *bag squeezing* consiste na utilização de uma bolsa de hiperinsuflação pulmonar (ambu<sup>TM</sup>) e da combinação das técnicas fisioterapêuticas de vibração e compressão torácica. O paciente é desconectado do ventilador mecânico e conectado aoambu no tubo endotraqueal, na fase inspiratória oambu é comprimido lentamente pelas mãos de um fisioterapeuta oferecendo um fluxo lento ao modelo experimental, após faz-se uma pausa inspiratória de 3 a 5 segundos, até a metade do reanimador com posterior insuflação total, em seguida tem-se fase expiratória que é passiva e a descompressão doambu é de forma rápida<sup>4</sup>. Já a técnica de vibração é amplamente utilizada por fisioterapeutas e é a combinação da compressão e da oscilação da parede torácica durante a expiração<sup>5</sup>. A aplicação dessas técnicas se baseia na premissa de que a retenção do excesso de secreção, na árvore respiratória, de forma aguda ou crônica, predispõe a aparecimento de alterações na função pulmonar.<sup>2</sup>

Apesar da crescente participação da fisioterapia respiratória na assistência neonatal, essa modalidade terapêutica foi introduzida nas unidades de terapia intensiva neonatais baseada em experiências e em resultados obtidos em pacientes adultos e crianças maiores, sendo ainda bastante escassos os estudos que avaliam a eficácia e a segurança das técnicas de desobstrução brônquica utilizadas pelos fisioterapeutas nessa população.<sup>2,6</sup>

Alguns parâmetros importantes para avaliação da eficácia da fisioterapia respiratória neonatal são eticamente inaceitáveis quando pensamos em pesquisas envolvendo recém-nascidos humanos. Embora existam estudos que se propõem a avaliar procedimentos de fisioterapia respiratória utilizando técnicas manuais ou dispositivos mecânicos de fisioterapia em modelos animais<sup>7-11</sup>, não foram encontrados estudos utilizando animais recém-nascidos. Somado a isso, estudos com muco artificial estão sendo desenvolvidos, a fim de avaliar a condução do muco nas vias aéreas, utilizando polímeros artificiais com propriedades semelhantes ao muco humano<sup>12, 13</sup>, sendo que um modelo de atelectasia utilizando muco artificial já foi utilizado para estudar técnicas de fisioterapia respiratória em coelhos.<sup>8,9</sup>

Quanto à estrutura, este trabalho está organizado em quatro capítulos. No primeiro capítulo, estão a apresentação, justificativa e objetivos. No segundo, está o artigo de revisão sobre a técnica de hiperinsuflação manual, que abrangeu o período do ano de 2000 até 2011, e foi realizado através do levantamento de dados, tanto na língua portuguesa como inglesa, com base em artigos de periódicos indexados no *Science Direct*, *Sportscience*, *Medicine & Science in Sports & Exercise* e *Scielo Brazil*, *Pubmed* e *Lilacs* que discorressem sobre a técnica de hiperinsuflação manual. Ademais, foram utilizadas as palavras-chave: hiperinsuflação manual, *bag squeezing*, fisioterapia. No total foram analisados 18 estudos, 11 utilizando ou aplicando a hiperinsuflação manual em pacientes adultos, cinco estudos comparando diferentes circuitos que realizam HM, um estudo com crianças e um estudo utilizando modelo animal.

O terceiro capítulo traz o artigo original referente à pesquisa, que objetivou avaliar a eficácia de duas técnicas de fisioterapia respiratória em modelo experimental de atelectasia em suínos recém-nascidos, na qual 24 suínos foram analgesiados, sedados, traqueostomizados e ventilados mecanicamente. Para a indução da atelectasia, foi infundido muco artificial com bomba de infusão, através do tubo traqueal, com os suínos posicionados em decúbito lateral, com inclinação de 30°.

A produção de atelectasia foi confirmada através de radiologia torácica. Para tanto, os animais foram divididos em 3 grupos: o grupo 1 recebeu apenas aspiração traqueal após 20 minutos da confirmação da atelectasia; o grupo 2 foi submetido à técnica de *bag squeezing* seguida de aspiração traqueal; e o grupo 3 foi o que recebeu vibração torácica seguida de aspiração traqueal. A eficácia das técnicas foi avaliada através de exame radiológico, feito por dois radiologistas independentes. Para avaliar as alterações durante os procedimentos, foram feitas gasometria arterial e avaliação da mecânica pulmonar antes e depois da indução

de atelectasia, bem como imediatamente e 30 minutos após os procedimentos. No quarto capítulo, estão as principais conclusões do estudo.

---



## **Justificativa**

A realização deste estudo justificou-se pela necessidade avaliar os benefícios ou potenciais efeitos deletérios de procedimentos fisioterapêuticos em recém-nascidos; pela escassez de estudos em fisioterapia respiratória utilizando modelos animais e pela inexistência de um modelo experimental utilizando animais recém-nascidos sob ventilação mecânica para esse fim.

---

## OBJETIVOS

### Objetivo Geral

Comparar a eficácia de duas técnicas de fisioterapia respiratória em modelo experimental de atelectasia por obstrução brônquica em suínos recém-nascidos.

### Objetivos específicos

Descrever os efeitos da técnica de fisioterapia respiratória vibração torácica manual em modelo experimental de atelectasia por obstrução brônquica em suínos recém-nascidos.

Descrever os efeitos da técnica de fisioterapia respiratória *Bag Squeezing* em modelo experimental de atelectasia por obstrução brônquica em suínos recém-nascidos.

Comparar a eficácia das duas técnicas de fisioterapia respiratória

---

---

**REFERÊNCIAS**

1. Lewis JA, Lacey JL, Henderson-Smart DJ. A review of chest physiotherapy in neonatal intensive care units in Australia. *Journal of paediatrics and child health*. Aug 1992;28(4):297-300.
  2. Nicolau CM, Falcão FM. Efeitos da fisioterapia respiratória em recém-nascidos: análise crítica da literatura. *Rev Paul Ped* 2007;25(1):72-75.
  3. Antunes LCO, Silva EG, Bocardo P, et al. Efeitos da fisioterapia respiratória convencional versus o aumento do fluxo expiratório na saturação de O<sub>2</sub>, frequência cardíaca e frequência respiratória em prematuros no período pós-extubação. *Rev bras fisioter*. 2006;1:97-103.
  4. Maa SH, Hung TJ, Hsu KH, et al. Manual hyperinflation improves alveolar recruitment in difficult-to-wean patients. *Chest*. Oct 2005;128(4):2714-2721.
  5. McCarren B, Alison JA, Herbert RD. Vibration and its effect on the respiratory system. *The Australian journal of physiotherapy*. 2006;52(1):39-43.
  6. Abreu LCP, Valenti VE. Uma visão da prática da fisioterapia respiratória: ausência de evidência não é evidência de ausência. *Arq Med ABC*. 2007;2:72-78.
  7. Zidulka A, Chrome JF, Wight DW, et al. Clapping or percussion causes atelectasis in dogs and influences gas exchange. *J Appl Physiol*. Jun 1989;66(6):2833-2838.
  8. Unoki T, Mizutani T, Toyooka H. Effects of expiratory rib cage compression and/or prone position on oxygenation and ventilation in mechanically ventilated rabbits with induced atelectasis. *Respiratory care*. Aug 2003;48(8):754-762.
  9. Unoki T, Mizutani T, Toyooka H. Effects of expiratory rib cage compression combined with endotracheal suctioning on gas exchange in mechanically ventilated rabbits with induced atelectasis. *Respiratory care*. Aug 2004;49(8):896-901.
  10. Anning L, Paratz J, Wong WP, et al. Effect of manual hyperinflation on haemodynamics in an animal model. *Physiotherapy research international : the journal for researchers and clinicians in physical therapy*. 2003;8(3):155-163.
  11. Wong WP, Paratz JD, Wilson K, et al. Hemodynamic and ventilatory effects of manual respiratory physiotherapy techniques of chest clapping, vibration, and shaking in an animal model. *J Appl Physiol*. Sep 2003;95(3):991-998.
  12. Kim CS, Abraham WM, Chapman GA, et al. Influence of two-phase gas-liquid interaction on aerosol deposition in airways. *The American review of respiratory disease*. Apr 1985;131(4):618-623.
  13. Puchelle E, Zahm JM, Duvivier C, Didelon J, Jacquot J, Quemada D. Elastothixotropic properties of bronchial mucus and polymer analogs. I. Experimental results. *Biorheology*. 1985;22(5):415-423.
-

# **CAPÍTULO II**

# **ESTUDO DE REVISÃO**

---

**Hiperinsuflação Manual, uma revisão  
sistemática**

**Manual Hyperinflation, a systematic review**

---

## RESUMO

**Objetivos:** revisar, na literatura, artigos sobre a técnica de hiperinsuflação manual.

**Fonte de dados:** foi realizado um levantamento de dados, tanto na língua portuguesa como inglesa, de artigos de periódicos indexados no *Science Direct*, *Sports Science & Medicine* e *Science in Sports & Exercise* e Scielo Brazil, *Pubmed* e *Lilacs* que discorressem sobre a técnica de hiperinsuflação manual. Foram utilizadas as palavras-chave: hiperinsuflação manual, *bag squeezing*, fisioterapia. Para tanto, foram analisados artigos originais datados do ano de 2000 até 2011.

**Síntese dos dados:** foram analisados 11 estudos utilizando ou aplicando a hiperinsuflação manual em pacientes adultos; cinco estudos comparando diferentes circuitos que realizam HM; um estudo com crianças; e um estudo utilizando modelo animal, totalizando 22 estudos.

**Conclusões:** vários artigos apontam para efeitos benéficos da hiperinsuflação manual em pacientes críticos submetidos à ventilação mecânica, porém ainda são escassos os estudos com crianças.

**Palavras-chave:** hiperinsuflação manual. Fisioterapia respiratória.

---

## ABSTRACT

**Objectives:** to review, in the literature, articles about the technique of manual hyperinflation.

**Source of data:** a research for data collection was done, both in Portuguese and English, articles in journals indexed by Science Direct, Sportsmedicine, Medicine & Science in Sports & Exercise Brazil and Scielo, Pubmed and Lilacs to elaborate on the technique of hyperinflation manual. Keywords were used: manual hyperinflation, squeezing bag, physiotherapy. We analyzed original articles dating from the years 2000 to 2011.

**Summary of findings:** 11 studies were analyzed using or applying manual hyperinflation in adult patients; five studies comparing different circuits that perform HM; a study with children; and a study using animal model, total of 22 studies.

**Conclusions:** Several articles point to the beneficial effects of manual hyperinflation in critically ill patients undergoing mechanical ventilation, but still there are few studies in children.

**Key words:** Manual hyperinflation. Chest physiotherapy.

---

## Introdução

A Hiperinsuflação Manual (HM), também conhecida como *bagging*, é uma técnica comumente usada em unidades de tratamento intensivo (UTI) no manejo de pacientes intubados e sob ventilação mecânica<sup>1-4</sup>. Esta técnica foi, originalmente, definida em adultos como sendo uma insuflação dos pulmões com oxigênio e compressão manual de um balão auto inflável até um volume corrente de um litro, requerendo uma pressão de pico inspiratório entre 20 e 40 cmH<sub>2</sub>O. Uma definição mais recente inclui fornecer um volume corrente (VC) maior do que o do paciente, usando um VC 50% maior do que aquele fornecido pelo ventilador mecânico, alguns estudos elevam esta percentagem em até 150%<sup>5</sup>. Promove uma inversão da relação inspiração e expiração (I/E)<sup>1</sup>, incluindo uma pausa inspiratória, a qual é administrada ao paciente<sup>5</sup>.

Nesse procedimento, mais especificamente, o paciente é desconectado do ventilador mecânico (VM), o ressuscitador manual é acoplado no tubo orotraqueal e, então, procede-se uma lenta e profunda inspiração, pausa inspiratória e expiração rápida promovida pela súbita soltura da bolsa de ar do circuito, quando está associada à manobra de vibrocompressão da caixa torácica é denominada de *bag squeezing*<sup>6</sup>. A fase inspiratória aumenta o VC, a pausa permite uma distribuição do ar nos alvéolos lentamente para a uma melhor distribuição do ar em todas as partes do pulmão, e a fase expiratória aumenta a remoção das secreções brônquicas<sup>5</sup>. Por essas características, a técnica tem sido comparada com uma tosse, na qual um esforço expiratório profundo é seguido de uma rápida expulsão de fluxo de ar<sup>7</sup>.

O circuito utilizado para a hiperinsuflação pode ser por ressuscitador manual ou circuito acoplado no sistema do ventilador mecânico. Embora seja amplamente utilizada por fisioterapeutas, esta técnica pode ser realizada por outros profissionais intensivistas como anestesistas e enfermeiros<sup>5</sup>

O uso da HM está relacionado com prevenção e reversão de atelectasias<sup>1, 8</sup>, aumento no volume corrente<sup>9</sup>, aumento da ventilação alveolar e mobilização de secreções periféricas, facilitando sua remoção quando associada com aspiração endotraqueal<sup>8</sup>.

O objetivo desta revisão foi pesquisar sobre a existência de estudos sobre técnicas e mecanismos de Hiperinsuflação Manual e avaliar criticamente os resultados desses estudos.



## Metodologia

Foi realizado um levantamento de dados, tanto na língua portuguesa como inglesa, de artigos de periódicos indexados no *Science Direct*, *Sportscience*, *Medicine & Science in Sports & Exercise* e *Scielo Brazil*, *Pubmed* e *Lilacs* que discorressem sobre a técnica de hiperinsuflação manual. Foram utilizadas as palavras chave: hiperinsuflação manual/manual hyperinflation, *bag squeezing*, fisioterapia/physiotherapy

Foram analisados artigos originais datados do ano de 2000 até 2011.

## Resultados

A busca realizada permitiu encontrar 17 artigos que preencheram os critérios de inclusão, 11 com pacientes adultos, um utilizando modelo animal e cinco testando diferentes equipamentos utilizados para realizar a hiperinsuflação manual.

No **Quadro 1** estão demonstrados os estudos com adultos, explicitando o objetivo, a característica dos pacientes e os resultados principais de cada estudo. Também foi encontrado apenas 1 artigo avaliando os efeitos hemodinâmicos da técnica em modelo experimental de ovelhas<sup>11</sup>.

No **Quadro 2**, são apresentados os estudos que compararam os diferentes circuitos utilizados para a realização da manobra de HM, estão destacados os objetivos, tipo de circuito e resultados encontrados

---

**Quadro 1** – Estudos em pacientes adultos submetidos à hiperinsuflação manual.

<b>AUTORES</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>PACIENTES</b>	<b>DESFECHOS</b>
Ahmed, F. 2010 <sup>12</sup>	HM x HVM	Submetidos à troca de válvula mitral (n= 30)	Aumento significativo na oxigenação no 1' e 20' após, apenas no 1' após HM. HVM levou ao aumento significativo da CD.
Barker, M. & Adans, S. 2002 <sup>13</sup>	Efeitos da aspiração X posicionamento X aspiração + posicionamento + HM	Com doenças pulmonares agudas	Diferenças em PaCO <sub>2</sub> e CD nos três grupos. PaO <sub>2</sub> /FIO <sub>2</sub> não diferiu. FC e pressão sanguínea sistêmica apresentaram diferença estatística mas não clinicamente significante.
Berney, S. & Denehy, L. 2002 <sup>14</sup>	Comparar o efeito do HM com HVM.	Ventilados e estáveis (n=20)	Sem diferença estatística na produção de muco. CE aumentou em ambas técnicas.
Berney, S. <i>et al.</i> 2004 <sup>15</sup>	Medir PFE durante HM e determinar se a adição da inclinação da cabeça para baixo aumenta a produção de muco	Intubados e ventilados (n=20)	Em pacientes inclinados houve aumento significativo no PFE e produção de muco.
Choi, S. & Jones, Y2005 <sup>16</sup> .	Demonstrar benefício mecânico na associação de HM com aspiração quando comparado com aspiração somente.	Com PAV (n=15)	CE aumentou 22% e RI diminui 21% até 30' após a HM + aspiração.
Dias, C.M. 2011 <sup>17</sup>	Efeitos da HM associado à compressão torácica versus aspiração traqueal	Ventilação mecânica invasiva (n=20)	Não houve diferença entre os grupos.
Genc, A. <i>et al</i> 2011 <sup>18</sup> .	Efeito do HM com e sem compressão da caixa torácica na fase expiratória	Em ventilação mecânica	Sem diferença estatística nas trocas gasosas, remoção da secreção. Nos dois casos CE e ventilação mecânica incrementaram significativamente até 5 ' após intervenção. Com 20 ' pós intervenção apenas CE era significativamente maior do que a basal.
Godoy, A. C. F. <i>et al</i> <sup>19</sup> . 2011	Se HM pode causar aspiração de secreções orofaríngeas	Em ventilação mecânica	O corante colocado na cavidade orofaríngeal foi encontrado em apenas duas amostras das duzentas e vinte e seis coletadas durante o estudo. Portanto ao HM não causa aspiração das secreções orofaríngeais.
Hogson, C. <i>et al.</i> 2000 <sup>20</sup>	Efeitos iniciais e segurança do HM	Pacientes críticos	Aumento significativo na CE e remoção maior de muco. Sem diferença para as trocas gasosas, PAM e FC entre os grupos.

Maa, S. <i>et al.</i> 2005 <sup>9</sup>	Efeito da HM em pacientes com PAV	Com PAV	Incremento significativo até o sexto dia de estudo em VC espontâneo, sinais de raio-x de tórax e uma tendência para o aumento na f/VT e PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> .
<b>AUTORES</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>PACIENTES</b>	<b>DESFECHOS</b>
Paratz, J. <i>et al.</i> 2002 <sup>1</sup>	Efeitos hemodinâmicos, mecânica ventilatória e trocas gasosas	Pós choque séptico com injúria pulmonar aguda	Aumento significativo no índice de resistência vascular sistêmico pós HM e PAD durante HM. CD aumentou significativamente pós HM e manteve-se até 20' após. Causas intrapulmonares de doença pulmonar igual a diminuição significativa na PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> e causas extra pulmonares igual a aumento significativo no PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> pós HM.
Patman, S. & Jekins, S. 2009 <sup>21</sup>	HM + posicionamento x sem fisioterapia na prevenção e tratamento de PAV	Injúria cerebral adquirida	Sem diferença significativa entre os grupos para incidência de PAV, durante do VM, tempo de permanência na UTI ou variáveis clínicas que requeressem reintubação.
Pattanshetty, R.B.L. & Gaude, G. S. 2010 <sup>22</sup>	Efeito da HM em pacientes com PAV	Intubados e ventilados	Diminuição significativa da mortalidade e também do escore de infecção pulmonar clínico.
Paulus, F. <i>et al.</i> 2010 <sup>7</sup>	Eventos adversos da HM realizado por enfermeiros treinados e experientes	Críticos e estáveis	16% das manobras foram. 6% foram associados a eventos adversos graves
Paulus, F. <i>et al.</i> 2011 <sup>23</sup>	Prevenir redução no CRF	Cirurgia cardíaca	Melhorou o CRF nos cinco primeiros dias, após igualou-se ao grupo que não fez HM. Radiografias apresentaram menos atelectasia no grupo que fez HM.
Santos, L. J. <i>et al.</i> 2010 <sup>24</sup>	Efeitos do HM + PEEP	Revascularização do miocárdio	Aumento significativo no VCI, VCE, média da CE sem diferença para PO <sub>2</sub> , tempo de intubação e alterações radiológicas.
Lobo, D.M.L. <i>et al.</i> 2010 <sup>25</sup>	Aplicabilidade das manobras <i>bag squeezing</i> e <i>zeep</i>	Paciente sob ventilação mecânica	Aumento significativo na FC e redução significativa na SatO <sub>2</sub> , porém dentro dos parâmetros fisiológicos para a manobra de <i>bag squeezing</i> . Não houve diferença na quantidade de secreção removida para as duas técnicas.

Legenda: HM= hiperventilação manual, HVM= hiperventilação com ventilador mecânico, CD= complacência dinâmica, CE= complacência estática, PaCO<sub>2</sub>= pressão parcial de dióxido de carbono, PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>= índice de oxigenação, FC= frequência cardíaca, PFE= pico de fluxo expiratório, PAV= pneumonia associada à ventilação mecânica, RI= resistência inspiratória, PPC= pressão de perfusão cerebral, PIC= pressão intracraniana, PSA=pressão

sanguínea arterial, PAM= pressão arterial média, PAD= pressão arterial diastólica, VM= ventilação mecânica, UTI= unidade de tratamento intensivo, CRF= capacidade residual funcional, PEEP= pressão expiratória final, VCI= volume corrente inspiratório, VCE= volume corrente expiratório, PO2= pressão de oxigênio, SatO2= saturação periférica de oxigênio.

**Quadro 2** – Estudos comparativos entre os diferentes circuitos utilizados para a hiperinsuflação manual.

AUTORES	CIRCUITOS	OBJETIVOS	DESFECHOS
Maxwell, L. J. & Ellis, E.R. 2003 <sup>26</sup>	Air Viva 2, Mapleson-C, Mapleson-F	Efeito da rápida soltura, inspiração controlada, diferença nos volumes e tipos de circuitos nas taxas de fluxo e I:E em modelo de teste pulmonar.	A rápida soltura produziu uma rápida taxa de PFE, independente do tipo de circuito utilizado. O efeito da soltura rápida e PFE absoluto foi menor para Air viva 2. Taxa de FE foi mais rápida para o maior volume utilizado. É teoricamente ideal para remover secreções em grande volume realizado com o circuito de Mapleson-C e rápida soltura.
Maxwell, L. J. & Ellis, E.R. 2004 <sup>3</sup>	Mapleson-C, teste em modelo pulmonar	Efeito da manutenção da compressão da bolsa de reanimação durante a expiração no PFE e razão I:E.	Manter a compressão da bolsa diminui significativamente o PFE e aumenta a razão de I:E.
Hodgson, C. <i>et al</i> 2007 <sup>27</sup>	Mapleson-C e Laerdal	Comparar os circuitos Mapleson-C e Laerdal durante HM em pacientes ventilados em UTI.	Mapleson-C removeu significativamente mais secreção do que Laerdal. Não houve diferença significativa na complacência, VC, oxigenação ou remoção de CO <sub>2</sub> .
Jones, A.M. <i>et al.</i> 2009 <sup>8</sup>	Magill e Mapleson-C	Quais dos circuitos são teoricamente mais eficientes para mobilizar secreções.	Mapleson-C produziu significativamente PFE mais rápido e menor I:E do que Magill; Sugerindo com Mapleson c pode ser mais efetivo para mobilizar secreções.

Legenda: HM= hiperinsuflação manual, I:E= relação inspiração:expiração, PFE= pico de fluxo expiratório, FE= fluxo expiratório, UTI= unidade de tratamento intensivo, VC= volume corrente, CO2= dióxido de carbono





**Figura 1** - Diferentes tipos de circuitos. a) Magill, b) Laerdal, c) Air viva. Fonte: Denehy (1999).

No **Quadro 3**, nota-se diferença para volume corrente e pico de pressão nas vias aéreas, mesmo para circuitos semelhantes.

**Quadro 3** – Comparação entre diferentes circuitos de hiperinsuflação manual.

Circuito	Volume corrente (mL)	Pico de Pressão na via aérea (cmH <sub>2</sub> O)
Air Viva	787.5	16.4
Mapleson-C	1494.1	35.5
Magill	1663.1	24.8
Laerdal	1315.3	16.9

Dados adaptados de Denehy (1999). Os resultados são de estudos que utilizaram testes em modelos pulmonares, com dois ou três valores fixos de complacências.

## Discussão

Os estudos revisados apontam para um efeito benéfico da técnica de hiperventilação manual, especialmente em adultos que estejam cursando quadro de hipersecreção brônquica e/ou com hipoventilação alveolar.

Os estudos sobre o uso da HM, em pacientes adultos, avaliaram diferentes desfechos, tanto em relação aos efeitos imediatos quanto tardios da HM, frente a diferentes patologias, assim como associaram a HM com outras intervenções. Estes apresentam consistência metodológica, objetivos claros e variáveis de desfecho relevantes. Os efeitos hemodinâmicos da HM são avaliados através da resistência vascular sistêmica<sup>1</sup> e pressões sanguíneas<sup>13</sup>, sendo que ambas apresentaram aumento significativo em dois<sup>1, 13</sup> estudos, porém, este comportamento, não apresentou relevância clínica. Em outro estudo<sup>20</sup>, a PAM não diferiu quando comparado o grupo que fez HM mais aspiração traqueal com o grupo que foi posicionado em decúbito lateral e submetido à aspiração traqueal. A melhora na oxigenação<sup>12</sup>,

aumento na CE<sup>14, 18, 20, 24</sup> e na resistência vascular sistêmica<sup>9</sup> foram efeitos observados imediatamente após a realização da técnica de HM, enquanto que a oxigenação<sup>12</sup>, melhora na CE<sup>16, 18</sup> e CD<sup>1</sup>, redução da resistência inspiratória<sup>28</sup>, aumento do volume corrente espontâneo<sup>9</sup> e capacidade residual funcional<sup>23</sup> foram apontados como efeitos que se mantiveram mesmo após 20 minutos ou mais posteriores ao término da manobra.

A remoção de muco brônquico quando comparada HM com hiperinsuflação por ventilação mecânica (HVM)<sup>14</sup> e ainda HM associada ou não à compressão torácica<sup>17</sup>, a produção foi semelhante para todos os grupos, porém quando associada à posição de cabeça inclinada<sup>15</sup> ou a decúbito lateral<sup>20</sup>, a remoção de muco foi maior.

A pneumonia associada à ventilação mecânica (PAV) é uma complicação muito comum em pacientes submetidos a assistência ventilatória<sup>22</sup>. Os estudos revisados<sup>9, 16, 22</sup> são, em sua maioria, positivos para o uso da técnica de HM, referindo que além de promover a complacência estática<sup>16</sup> aumentar o volume corrente<sup>9</sup> e reduzir a resistência inspiratória<sup>16</sup> foi capaz de reduzir a mortalidade<sup>22</sup>, infecção pulmonar<sup>22</sup> e o índice de oxigenação<sup>9</sup>. Porém a utilização da HM não foi capaz de prevenir a incidência de PAV, duração da ventilação mecânica ou tempo de permanência na UTI ou a incidência de reintubação<sup>21</sup>.

Para avaliar a segurança da reprodução da técnica em UTI's por enfermeiros experientes, um estudo<sup>7</sup> observou o desempenho de 107 manobras feitas por 57 enfermeiros, e como resultado 16% foram classificadas como adversas, para os seguintes desfechos: diferença da pressão arterial média e frequência cardíaca em mais de 15%, redução da saturação de oxigênio em mais de 5% do inicial; e 6% foram associadas a eventos adversos graves, como taquicardia ventricular que necessitou de reversão elétrica.

Foi encontrado apenas um estudo utilizando HM com a população pediátrica e nenhum com recém-nascidos. Pode-se inferir que os estudos nessas áreas são escassos e o único estudo<sup>10</sup> encontrado que correspondesse aos critérios desta revisão, com a população infantil, objetivou avaliar o impacto hemodinâmico e respiratório da manobra de *bag squeezing*, em 23 crianças, com média de 95,6 meses de idade, sob ventilação mecânica, através do monitoramento da frequência cardíaca, frequência respiratória, pressão arterial média, pressão arterial diastólica, pressão arterial sistólica e saturação de oxigênio periférica. Os dados foram coletados pré-tratamento, no primeiro e quinto minutos posteriores à realização da técnica. Para a amostra deste estudo incluiu-se crianças com insuficiência respiratória por no mínimo 12 horas ou mais, sem choque, sangramento maciço e arritmia cardíaca. Como resultado, as variáveis analisadas não diferiram pré e pós tratamento, e a

saturação de oxigênio tendeu a melhorar após a manobra. Frente a esses resultados, os autores concluíram e que a HM foi segura para pacientes pediátricos, em ventilação mecânica, quanto aos parâmetros hemodinâmicos e favorável para a melhora da saturação de oxigênio.

Com relação a estudos que utilizaram modelos animais, foi encontrado um estudo<sup>11</sup> que avaliou os efeitos da hiperinsuflação manual nas funções hemodinâmicas sem os efeitos de confusão inerentes à heterogeneidade da população de unidades de tratamento intensivo, justificando, assim, o uso de modelo animal. Para atingir o objetivo principal de investigar os efeitos hemodinâmicos, foram utilizadas 9 ovelhas saudáveis, com média de peso de 39,5 kg. Os resultados encontrados evidenciam um aumento na média de volume corrente de 294% do que aquele oferecido pelo ventilador mecânico, o débito cardíaco diminuiu e a resistência vascular sistêmica aumentou após a aplicação da HM. A média da pressão arterial e da pressão de pulso reduziram durante e aumentaram após a aplicação da técnica. A pressão da artéria pulmonar aumentou e não houve diferença na pressão do átrio direito, e pressão de oclusão ou na FC. Os autores concluíram que a hiperventilação manual produziu alterações hemodinâmicas significativas no modelo animal. Segundo os autores, o aumento da pressão intratorácica, provocada pelo aumento do tempo inspiratório, reduziu o débito cardíaco, produzindo vasoconstrição compensatória, evidenciada pelo aumento da resistência vascular sistêmica e pressão média arterial. Os resultados sugerem que pode haver uma redução do débito cardíaco após aumento de pressão intratorácica em indivíduos com função cardíaca e respiratória normal.

Com relação aos diferentes tipos de equipamentos utilizados, os mais comumente utilizados na Austrália, Reino Unido e Hong Kong são o Laerdal, Air Viva, Mapleson-C e Magill. Mapleson-c e Magill são muito similares, assim como Air Viva e Laerdal<sup>5</sup>. Embora existam diferenças entre os circuitos, a escolha do equipamento é subjetiva, conforme as preferências individuais<sup>5</sup>. Com relação à variação dos picos de pressões inspiratórias ofertadas pelos equipamentos, ou mesmo durante a realização da técnica, é interessante acoplar um manômetro de pressão ao sistema para ter um feedback da pressão oferecida ao paciente.<sup>4</sup>

Um estudo<sup>4</sup> muito interessante comparou o efeito da presença ou ausência de manômetro de pressão, na oferta de pressões, nas vias aéreas, pela manobra de HM realizada por estudantes formandos em fisioterapia e concluiu que a variabilidade das pressões é menor quando utilizado o manômetro, inclusive atentando para a importância de atingir os picos de pressões seguros para reduzir os riscos de barotrauma.



É importante averiguar as patologias de base ou associadas ao paciente que está em ventilação mecânica, pois embora a HM seja amplamente utilizada, pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica, podem exacerbar seu quadro de aprisionamento aéreo em função do baixo tempo expiratório.<sup>29</sup>

### **Considerações finais**

A partir desta revisão entende-se que a técnica de HM, pode ser bastante útil em pacientes submetidos a ventilação mecânica, estando melhor evidenciada para população adulta, influenciando na melhora da mecânica ventilatória e apresentando alterações hemodinâmicas não prejudiciais ao paciente, porém ainda é escasso estudos com crianças e recém-nascidos. Por tratar-se de uma técnica amplamente utilizada por diversos profissionais que trabalham com cuidados intensivos, é necessário cautela quanto à indicação desta técnica para toda e qualquer patologia que acometa o sistema respiratório. São necessários mais estudos envolvendo crianças ou modelos animais que simulem situações clínicas específicas da população pediátrica.

---

---

## REFERÊNCIAS

1. Paratz J, Lipman J, McAuliffe M. Effects of manual hyperinflation on gas exchange and dynamic compliance in acute lung injury. *Intens Care Med.* Sep 2002;28:S196-S196.
  2. Maxwell LJ, Ellis ER. Pattern of ventilation during manual hyperinflation performed by physiotherapists. *Anaesthesia.* Jan 2007;62(1):27-33.
  3. Maxwell LJ, Ellis ER. The effect on expiratory flow rate of maintaining bag compression during manual hyperinflation. *Aust J Physiother.* 2004;50(1):47-49.
  4. Redfern J, Ellis E, Holmes W. The use of a pressure manometer enhances student physiotherapists' performance during manual hyperinflation. *Aust J Physiother.* 2001;47(2):121-131.
  5. Denehy L. The use of manual hyperinflation in airway clearance. *The European respiratory journal : official journal of the European Society for Clinical Respiratory Physiology.* Oct 1999;14(4):958-965.
  6. Lemes DAG, F.S. O Uso da Hiperinsuflação como Recurso Fisioterapêutico em Unidade de Terapia Intensiva. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva.* 2007;19(2):222-225.
  7. Paulus F, Binnekade JM, Vermeulen M, Vroom MB, Schultz MJ. Manual hyperinflation is associated with a low rate of adverse events when performed by experienced and trained nurses in stable critically ill patients--a prospective observational study. *Minerva Anesthesiol.* Dec 2010;76(12):1036-1042.
  8. Jones AM, Thomas PJ, Paratz JD. Comparison of flow rates produced by two frequently used manual hyperinflation circuits: a benchtop study. *Heart Lung.* Nov-Dec 2009;38(6):513-516.
  9. Maa SH, Hung TJ, Hsu KH, et al. Manual hyperinflation improves alveolar recruitment in difficult-to-wean patients. *Chest.* Oct 2005;128(4):2714-2721.
  10. Cunha MTea. Impacto hemodinâmico e respiratório da técnica da hiperinsuflação manual em crianças sob ventilação mecânica. *Pediatria.* 2008;30(1):15-21.
  11. Anning L, Paratz J, Wong WP, Wilson K. Effect of manual hyperinflation on haemodynamics in an animal model. *Physiotherapy research international : the journal for researchers and clinicians in physical therapy.* 2003;8(3):155-163.
  12. Ahmed F, Shafeeq AM, Moiz JA, Geelani MA. Comparison of effects of manual versus ventilator hyperinflation on respiratory compliance and arterial blood gases in patients undergoing mitral valve replacement. *Heart Lung.* Sep-Oct 2010;39(5):437-443.
  13. Barker M, Adams S. An evaluation of a single chest physiotherapy treatment on mechanically ventilated patients with acute lung injury. *Physiother Res Int.* 2002;7(3):157-169.
  14. Berney S, Denehy L. A comparison of the effects of manual and ventilator hyperinflation on static lung compliance and sputum production in intubated and ventilated intensive care patients. *Physiother Res Int.* 2002;7(2):100-108.
  15. Berney S, Denehy L, Pretto J. Head-down tilt and manual hyperinflation enhance sputum clearance in patients who are intubated and ventilated. *Aust J Physiother.* 2004;50(1):9-14.
  16. Choi JS, Jones AY. Effects of manual hyperinflation and suctioning in respiratory mechanics in mechanically ventilated patients with ventilator-associated pneumonia. *The Australian journal of physiotherapy.* 2005;51(1):25-30.
  17. Dias CM. Efetividade e segurança da técnica de higiene brônquica: hiperinsuflação manual com compressão torácica. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2011;23(2):190-198.
  18. Genc AA, M.; Gunerli, A. The effects of manual hyperinflation with or without rib-cage compression in mechanically ventilated patients. *Italian Journal of Physiotherapy* 2011;1(2):48-54.
-

19. Godoy ACFY, C.V.;Araújo,I.I.M.;Freitas, M.I.P. Can Manual Hyperinflation Maneuvers Cause Aspiration of Oropharyngeal Secretions in Patients under Mechanical Ventilation? *Rev Bras Anesthesiol.* 2011;61(5):556-560.
  20. Hodgson C, Denehy L, Ntoumenopoulos G, Santamaria J, Carroll S. An investigation of the early effects of manual lung hyperinflation in critically ill patients. *Anaesthesia and intensive care.* Jun 2000;28(3):255-261.
  21. Patman S, Jenkins S, Stiller K. Physiotherapy does not prevent, or hasten recovery from, ventilator-associated pneumonia in patients with acquired brain injury. *Intensive Care Med.* Feb 2009;35(2):258-265.
  22. Pattanshetty RB, Gaude GS. Effect of multimodality chest physiotherapy in prevention of ventilator-associated pneumonia: A randomized clinical trial. *Indian J Crit Care Med.* Apr 2010;14(2):70-76.
  23. Paulus F, Veelo DP, de Nijs SB, et al. Manual hyperinflation partly prevents reductions of functional residual capacity in cardiac surgical patients - a randomized controlled trial. *Crit Care.* 2011;15(4):R187.
  24. Santos Ljea. Efeitos da manobra de hiperinsuflação manual associada à pressão positiva expiratória final em pacientes submetidos à cirurgia de revascularização miocárdica. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2010;22(1):40-46.
  25. Lobo DMLC, L.A.; Mont'Alverne, D.G.B. Aplicabilidade das técnicas de bag squeezing e manobra zEEP em pacientes submetidos à ventilação mecânica. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2010;22(2):186-191.
  26. Maxwell LJ, Ellis ER. The effect of circuit type, volume delivered and "rapid release" on flow rates during manual hyperinflation. *Aust J Physiother.* 2003;49(1):31-38.
  27. Hodgson C, Ntoumenopoulos G, Dawson H, Paratz J. The Mapleson C circuit clears more secretions than the Laerdal circuit during manual hyperinflation in mechanically-ventilated patients: a randomised cross-over trial. *Aust J Physiother.* 2007;53(1):33-38.
  28. Maxwell L, Ellis ER. The effects of three manual hyperinflation techniques on pattern of ventilation in a test lung model. *Anaesth Intensive Care.* Jun 2002;30(3):283-288.
  29. Ntoumenopoulos G. Indications for manual lung hyperinflation (MHI) in the mechanically ventilated patient with chronic obstructive pulmonary disease. *Chron Respir Dis.* 2005;2(4):199-207.
-

**CAPÍTULO III**  
**ARTIGO ORIGINAL**

---

## **Avaliação de técnicas de fisioterapia respiratória em modelo experimental de atelectasia em suínos recém-nascidos**

Evaluation of chest physiotherapy techniques in an experimental model of atelectasis in newborn pigs

---

## RESUMO

**Objetivo:** comparar a eficácia de duas técnicas de fisioterapia respiratória (*bag squeezing* e vibração manual), em modelo experimental de atelectasia, por obstrução brônquica em suínos recém-nascidos

**Métodos:** 24 suínos foram analgesiados, sedados, traqueostomizados e ventilados mecanicamente. Para a indução da atelectasia, foi infundido muco artificial Poli (óxido de etileno), (Sigma- Aldrich™, Estados Unidos), com bomba de infusão, através do tubo traqueal, com os suínos posicionados em decúbito lateral, com inclinação de 30°. A produção de atelectasia foi confirmada através de radiologia torácica. Para tanto, os animais foram divididos em 3 grupos: o grupo 1 recebeu apenas aspiração traqueal após 20 minutos da confirmação da atelectasia; o grupo 2 foi submetido à técnica de *bag squeezing* seguida de aspiração traqueal; e o grupo 3 recebeu vibração torácica seguida de aspiração traqueal. A eficácia das técnicas foi avaliada através de exame radiológico, feito por dois radiologistas independentes. Para avaliar as alterações fisiológicas e hemodinâmicas durante os procedimentos, foram feitas gasometria arterial e avaliação da mecânica pulmonar, através de pneumotacógrafo, antes e depois da indução de atelectasia, bem como imediatamente e 30 minutos após os procedimentos.

**Resultados:** a média da variação percentual da PO<sub>2</sub> foi estatisticamente significante entre os grupos (controle: 97,80±37,33, *bag squeezing*: 166,75±68,63 e vibração: 104,41±45,45, p=0,0408), evidenciando melhora na oxigenação para o grupo submetido a técnica de *bag squeezing*. As demais variáveis analisadas não apresentaram diferenças significativas.

**Conclusões:** os resultados sugerem que a técnica de *bag squeezing* seja mais eficiente do que a vibração manual, porém a melhora clínica não foi acompanhada de melhora radiológica detectável.

**Palavras-chave:** Atelectasia. Fisioterapia respiratória. Modelo experimental.

---

---

## ABSTRACT

**Objective:** To compare the effectiveness of two techniques of respiratory therapy in an experimental model of atelectasis by bronchial obstruction in newborn pigs.

**Methods:** 24 pigs were analgesiated, sedated, tracheostomized and mechanically ventilated. For the induction of atelectasis, artificial mucus was infused (ethylene oxide, Sigma-Aldrich™, USA) using an infusion pump through the tracheal tube with the pigs in the lateral position and inclined to the thirty degrees. Confirmation of atelectasis was a chest X-ray or by a pressure drop of oxygen in arterial blood. The animals were divided into 3 groups: group 1 that received tracheal aspiration after 20 minutes of confirmation of atelectasis, group 2 underwent the technique of bag squeezing over tracheal aspiration and group 3 received vibration chest. To evaluate the effectiveness of techniques one second X-ray was done. To evaluate the changes during the procedures were performed arterial blood gases and pulmonary mechanics evaluation pneumotachograph before and after the induction of atelectasis immediately and 30 minutes after the procedure.

**Results:** The mean percentage change in the PO<sub>2</sub> was statistically detect significant between the groups (control:  $97,80 \pm 37,33$ , *bag squeezing*:  $166,75 \pm 68,63$  e vibration:  $104,41 \pm 45,45$ ,  $p=0,0408$ ), with improvement in oxygenation in the group undergoing the technique of squeezing bag. The remaining variables did not differ.

**Conclusions:** the results suggest that the technique of squeezing bag is more efficient than manual vibration, but clinical improvement was not accompanied by detectable radiological improvement

**Key Words:** Atelectasis. Chest physiotherapy. Experimental model.

---

## Introdução

A fisioterapia respiratória foi introduzida, nas unidades de terapia intensiva neonatal, com base em experiências e em resultados obtidos com pacientes adultos e crianças maiores, sendo ainda bastante escassos os estudos que avaliam a eficácia e a segurança das técnicas de desobstrução brônquica utilizadas pelos fisioterapeutas na população neonatal<sup>1-3</sup>.

A efetividade da fisioterapia respiratória neonatal foi avaliada recentemente, por meio de uma metanálise<sup>2</sup> de estudos randomizados ou quase randomizados, avaliando os efeitos de técnicas de fisioterapia respiratória seguidas de aspiração endotraqueal comparada com o efeito da realização da aspiração endotraqueal isolada sobre o sistema respiratório de recém-nascidos que necessitaram de suporte ventilatório. Com base nos resultados encontrados, os revisores concluem que não existem evidências suficientes para embasar a prática clínica de técnicas de fisioterapia respiratória em recém-nascidos com suporte ventilatório em unidades de cuidados intensivos neonatais. Salientam ainda a escassez de estudos nessa área, a falta de rigor metodológico dos poucos estudos existentes e a grande diversidade de técnicas aplicadas e, em vista disso, recomendam cautela no uso de intervenções fisioterapêuticas nesta população. Essa situação se repete no Brasil<sup>3-5</sup> onde estudos publicados apresentam baixa qualidade metodológica e os desenhos experimentais não são uniformes, assim como as técnicas de fisioterapia avaliadas e os parâmetros utilizados para mensurar sua segurança e eficácia. Técnicas de fisioterapia respiratória como vibração manual da caixa torácica<sup>6</sup> e *bag squeezing*<sup>7</sup>, são amplamente utilizadas em pacientes sob ventilação mecânica

Considerando o atual estado de arte da assistência fisioterapêutica neonatal e a escassez de estudos sobre a real efetividade de técnicas desobstrução brônquica nesses pacientes, surge a possibilidade de realizar estudos, em modelos experimentais, a fim de avaliar alterações em parâmetros fisiológicos, hemodinâmicos e resultados objetivos que fundamentem a aplicação das técnicas de fisioterapia respiratória, atualmente utilizadas em recém nascidos humanos sob ventilação mecânica. Alguns parâmetros importantes para avaliação da segurança e eficácia da fisioterapia respiratória neonatal são eticamente inaceitáveis quando pensamos em pesquisas envolvendo recém-nascidos



humanos. Portanto, o modelo experimental traz a possibilidade de avaliar os benefícios ou potenciais efeitos deletérios de procedimentos fisioterapêuticos em recém-nascidos submetidos à ventilação mecânica.

Embora existam estudos que se propõem a avaliar procedimentos de fisioterapia respiratória utilizando técnicas manuais ou dispositivos mecânicos de fisioterapia em modelos animais,<sup>8-13</sup> não foram encontrados estudos utilizando animais recém-nascidos. Somado a isso, estudos com muco artificial estão sendo desenvolvidos, a fim de avaliar a condução do muco nas vias aéreas, utilizando polímeros artificiais com propriedades semelhantes ao muco humano<sup>14, 15</sup> sendo que um modelo de atelectasia utilizando muco artificial já foi utilizado para estudar técnicas de fisioterapia respiratória em coelhos.<sup>10, 11</sup>

O objetivo deste trabalho foi comparar a eficácia de duas técnicas de fisioterapia respiratória em modelo experimental de atelectasia por obstrução brônquica em suínos recém-nascidos.

## Metodologia

Este estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética, para o Uso de Animais (CEUA) e realizado em acordo com o *Guide for the Care and Use of Laboratory Animals* e as normas nacionais de pesquisa em animais (lei 11.794)<sup>16</sup>. O experimento foi realizado no Laboratório de Habilidades Médicas da Faculdade de Medicina da PUCRS. Para tanto, os animais tiveram livre acesso à amamentação logo após o nascimento, foram transportados por pessoal experiente no transporte de animais e mantidos em local aquecido no laboratório, até o momento da experimentação.

A pesquisa foi desenvolvida utilizando um total de 28 suínos de um cruzamento entre as raças Large White e Landrace, com menos de 24 horas de vida, provenientes de uma cooperativa agropecuária localizada a 100 km do local das pesquisas.

### Preparo dos animais

Os suínos foram anestesiados através de sedação em “bolus” intramuscular de ketamina e fentanil (0,1mg/Kg/dose) e midazolam (0,05 µg/Kg/dose) antes dos procedimentos cirúrgicos de cateterização e traqueostomia. Durante o experimento, foi administrado pancurônio (0,1mg/Kg/dose) para a paralisia total dos animais. Os animais foram colocados em posição supina, sobre lençol térmico, com o objetivo de manter a

temperatura corporal entre 38° e 39° Celsius<sup>17</sup>. Para a incisão da traqueostomia, administrou-se injeção subcutânea de lidocaína 2%. Os animais foram entubados (com tubo traqueal de 3 mm) e colocados em ventilação mecânica (BP 200 – Pro-Medico - RJ), limitada a pressão, ciclada a tempo. Foi definida uma frequência respiratória de 40 rpm, pressão positiva expiratória final (PEEP) de 5cmH<sub>2</sub>O, pico de pressão inspiratória (PIP) de 20cmH<sub>2</sub>O, fluxo de 8l/min, fração inspirada de oxigênio (FiO<sub>2</sub>) de 1,0 e tempo inspiratório de 0,4 segundos. Esses parâmetros foram mantidos durante todo o experimento. Se houvesse queda de saturação importante (<60%), bradicardia (frequência cardíaca menor de 100 batimentos/minuto) ou gasometria arterial com retenção excessiva de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> (>100mmHg), o PIP seria aumentado transitoriamente em 5cmH<sub>2</sub>O. Foram inseridos cateteres umbilicais venoso e arterial, para administrar as medicações e NaCl 0.9% e coleta de gasometria arterial, respectivamente.

### **Indução de atelectasia**

O modelo de atelectasia com muco artificial foi adaptado de outros estudos com modelos animais<sup>10, 11, 18</sup>. Após tempo inicial 5 minutos para estabilização, os animais receberam infusão de muco artificial para produzir atelectasia por obstrução brônquica. A infusão de muco artificial deu-se através de uma bomba de infusão, do tipo seringa (670 T, Samtronic™, Brasil), conectada a uma sonda medida previamente medida para atingir 2 cm além da extremidade do tubo traqueal, no qual era inserida. A infusão acontecia simultaneamente com a ventilação mecânica, através de um adaptador em “y” entre o sistema do ventilador mecânico e o tubo traqueal. O muco artificial foi infundido na proporção de 0,8 ml/kg, por um tempo de 10 minutos<sup>18</sup>.

### **Produção de muco artificial**

O muco artificial foi preparado com 1g de Poli (óxido de etileno) – POE, com peso molecular de 5.000.000 (Sigma- Aldrich™, Estados Unidos), diluído em 100 ml de água destilada (dH<sub>2</sub>O), colocado em um agitador mecânico com hélice naval (711, Fisaton™, São Paulo, Brasil) em banho refrigerado a -20°C (116R, Fanem™, São Paulo, Brasil). Após a solubilização, foi adicionado e 1% de xilenocianol (Sigma Aldrich™, Estados Unidos).

As propriedades reológicas do muco artificial produzido foram avaliadas através de um reômetro (AR 1500ex, TA Instruments™, Estados Unidos). Os valores obtidos foram: módulo elástico ( $G'$ ) de 58 Pa e módulo viscoso ( $G''$ ) de 78 Pa na frequência de 1.0 rad/s.

### **Análise radiológica**

Para a confirmação de atelectasia após a infusão de muco artificial e a melhora ou reversão após os procedimentos fisioterapêuticos, os animais foram submetidos ao exame de radiografia de tórax. As imagens captadas na radiografia de tórax foram gravadas para posterior análise por dois médicos radiologistas, com experiência em radiologia pediátrica, não envolvidos na pesquisa, que desconheciam o resultado das análises gasométricas bem como as intervenções e realizaram as avaliações de forma independente. Para classificar como presença de atelectasia foi utilizada a presença das seguintes evidências na radiografia: desvio do mediastino para o mesmo lado da atelectasia como critério primário, redução de volume do hemitórax afetado, aumento da opacidade da área afetada e, quando a atelectasia em lobo inferior, desvio de diafragma como critérios secundários. Para definir a melhora da atelectasia os radiologistas evidenciaram a reversão nos critérios acima mencionados, além de salientar a aeração nas áreas opacificadas. Para as comparações intra avaliadores foi utilizado o teste Kappa.

### **Coleta de dados**

Foram coletados os dados de mecânica ventilatória: complacência e resistência pulmonar; e gasometrias arteriais após a estabilização do animal, após a indução da atelectasia, imediatamente após a aspiração traqueal e 30 minutos após a realização das aspirações traqueais.

Caso a gasometria arterial apresentasse queda na pressão de oxigênio de mais de 40% do valor inicial, a atelectasia era considerada um sucesso e, 30 minutos após, o raio-x de tórax era realizado. Caso esta queda na pressão arterial de oxigênio não ocorresse, era infundido mais 0,5 ml/kg de muco artificial durante 5 minutos. Utilizou-se pneumotacógrafo (RSS 100 Research Pneumotach System - Korr) para a coleta de dados da mecânica ventilatória.

Os momentos das coletas de dados foram divididos em M1, M2, M3 e M4:

M1 - Após estabilização fisiológica inicial dos animais foi coletado gasometria arterial e mecânica ventilatória.

M2 - Gasometria arterial e mecânica ventilatória após a indução da atelectasia, aguardava-se 30' e procedia o raio-x.

M3 - Gasometria arterial e mecânica ventilatória após o procedimento de aspiração traqueal.

M4 - Gasometria arterial e mecânica ventilatória após a realização do segundo raio-x.

As radiografias de tórax foram feitas antes da indução da atelectasia, para conferir a posição do tubo endotraqueal, depois de 30 minutos da indução de atelectasia e um último após a aspiração traqueal, para avaliar se houve mudanças radiográficas após as intervenções.

Após a indução da atelectasia, os suínos eram alocados em 3 grupos diferentes:

Grupo I – Grupo controle. Neste grupo somente eram feitas a indução de atelectasia e a aspiração traqueal.

Grupo II - Grupo *bag squeezing*. Neste grupo se procedia a indução de atelectasia técnica, após 30 minutos aplicava-se a técnica fisioterapia *bag squeezing*, após a e aspiração traqueal.

Grupo III – Grupo vibração em que os suínos eram submetidos à técnica de fisioterapia vibração manual e aspiração traqueal.

No grupo controle, após a atelectasia, os animais eram apenas trocados de decúbitos 10 minutos após o termino do raio-x e, passando mais 10 minutos, isto é, após 20 minutos, eram feita a aspiração traqueal, com a instilação de 0,5 ml de soro fisiológico.

No grupo *bag squeezing*, após a confirmação da atelectasia, a técnica de *bag squeezing*<sup>7</sup> era aplicada. Esta técnica consistiu em desconectar os animais do ventilador mecânico e conectá-los em um ressuscitador manual, sendo que um fisioterapeuta realizava hiperinsuflações manuais, onde a inspiração deveria ser lenta e com uma pausa inspiratória de 3 segundos e, para a expiração simplesmente, era descomprimido o ressuscitador manual. Neste momento, outro fisioterapeuta era responsável pela

vibração manual da caixa torácica, após 3 repetições os suínos eram novamente conectados ao ventilador. Este procedimento foi realizado 3 vezes em cada decúbito lateral. Após, era realizada a aspiração traqueal. O tempo médio desse procedimento era em torno de 10 minutos.

A técnica de vibração manual era aplicada no tempo expiratório, procurando estabelecer sincronia com o ventilador mecânico. Foi realizada durante 20 minutos distribuídos em 10 minutos para cada decúbito lateral. Após era realizada a aspiração traqueal.

A aspiração foi realizada usando um cateter de sucção (0,6-Fr), em 3 a 4 repetições, com uma pressão negativa entre 50 a 100 cmH<sub>2</sub>O, durante um período de 10-15 segundos, conectado ao ar comprimido do laboratório. Este processo era igual para todos os grupos.

Os animais foram colocados em decúbito lateral direito e sobre uma cunha com uma inclinação de 30° durante a infusão de muco, com o objetivo de promover a atelectasia o lobo inferior direito. Para a realização das técnicas os animais eram posicionados em decúbito lateral direito e depois esquerdo, já para a realização do raio-x, eram posicionados em posição supina. Ao final dos experimentos os animais foram submetidos à eutanásia com infusão de tiopental no acesso venoso central.

### **Análise estatística**

Para detectar uma diferença estimada em um tamanho de efeito igual a 1,5 desvios-padrão, para uma probabilidade de erro tipo I ( $\alpha$ ) de 0,05 e poder de 90%, foi calculado um tamanho de amostra mínimo de 8 animais por grupo. Todas as variáveis foram expressas como média e desvio-padrão. Foi considerada significância estatística quando  $p < 0,05$ .

Para avaliação dos dados, foi utilizado o software Epi Info versão 3.5.3. E, para avaliar a concordância entre os dois radiologistas, foi utilizado o teste de Kappa.

### **Resultados**

Foram utilizados 28 suínos recém-nascidos com menos de 24 horas de vida, com média de peso de 1.500±360 gr. Quatro animais foram excluídos da amostra: 1 em

---

---

função de mal formação abdominal que impossibilitou a visão clara dos pulmões na radiografia de tórax, os outros 3 porque o acesso arterial foi obstruído, não havendo portanto a possibilidade de quantificar os gases arteriais.

Não foi constatada diferença entre os grupos para o momento 1 (M1) quanto ao peso dos animais ( $p=0,4903$ ), a pressão de dióxido de carbono ( $p=0,0771$ ), pressão de oxigênio ( $p=0,5873$ ), saturação de oxigênio ( $p=0,2345$ ), temperatura ( $p=0,9958$ ) e frequência cardíaca ( $0,5873$ ). Houve diferença entre os grupos nos valores de potencial de hidrogênio ( $p=0,0474$ ) o grupo *bag squeezing* obteve valores acima do limite superior fisiológico.

Dos 24 modelos experimentais, em sete animais, houve a necessidade de infusão de muco adicional pelo fato de não alcançarem uma queda na pressão de oxigênio de 40% em relação à primeira gasometria, sendo que 2 pertenciam ao Grupo Controle, 2 eram do Grupo *Bag squeezing* e 3 animais eram do grupo vibração. Cinco animais não apresentaram atelectasia no primeiro raio-x, sendo que em quatro não foi constatada queda da  $PaO_2$  na gasometria arterial, havendo necessidade de infusão adicional de muco artificial.

Antes e após a indução da atelectasia, os grupos apresentaram resultados semelhantes em termos de parâmetros gasométricos. Esses valores estão demonstrados na **Tabela 1**. Os valores demonstrados são dos animais que apresentaram atelectasia na primeira radiografia de tórax, totalizando 18 animais.

---

**Tabela 1** – Características basais dos modelos de atelectasia

Variáveis	Grupo Controle (n=6)	Grupo <i>Bag squeezing</i> (n=7)	Grupo Vibração (n=5)	Valor de p
<b>Peso (g)</b>	1531,25±190,74	1311,5±571,23	1600±208,73	0,4903
<b>Antes da atelectasia (M1)</b>				
<b>pH</b>	7,46±0,04	7,57±0,33	7,53±0,12	0,0474*
<b>PCO<sub>2</sub></b>	24±5	18±3,87	22±3,92	0,0771
<b>PO<sub>2</sub></b>	310±46,29	299,28±93,73	343,6±37,64	0,5373
<b>Sat O<sub>2</sub></b>	99,7±0,25	100±0,0	100±0,0	0,2345
<b>FC</b>	159,5 ±12	165±14	150±30	0,5873
<b>T°</b>	36,6±1,55	36,48±1,15	36,52±2,17	0,9958
<b>Após atelectasia (M2)</b>				
<b>pH</b>	7,33±0,11	7,48±0,15	7,39±0,19	0,223
<b>PCO<sub>2</sub></b>	30,5±7,60	28,28±18,18	39,8±16,39	0,4176
<b>PO<sub>2</sub></b>	169,33±81,18	141,71±103,71	167±126,6	0,8699
<b>Sat O<sub>2</sub></b>	97,75±2,63	97,71±4,85	97,4±3,28	0,9883
<b>FC</b>	179,5±21,92	139,57±23,91	147,33±9,45	0,1183
<b>T°</b>	38,44±1,9	38,25±1,46	37,2±1,7	0,5904

Definição das abreviaturas: pH= potencial de hidrogênio; PCO<sub>2</sub>= pressão de dióxido de carbono em mmHg; PO<sub>2</sub>= pressão de oxigênio em mmHg; T°= temperatura em graus Celsius; FC= frequência cardíaca em batimentos por minuto; SatO<sub>2</sub>= saturação de oxigênio em percentagem(%). Os valores são de gasometria arterial. Foi considerada significância estatística quando \*p<0,05. Valores demonstrados em média±desvio padrão.

Não houve diferença estatística entre os grupos durante o experimento nas variáveis gasométricas avaliadas no momento 3 (M3). No momento 4 (M4), o pH mostrou-se diferente entre os grupos (p=0,0415), com o valor fora dos parâmetros normais no grupo *bag squeezing* (**Tabela 2**).

**Tabela 2-**Variáveis analisadas nos momentos M3 e M4

Variáveis	Grupo Controle (n=6)	Grupo <i>Bag squeezing</i> (n=7)	Grupo Vibração (n=5)	Valor de p
<b>M3</b>				
<b>PCO<sub>2</sub></b>	27,75±11,38	26,14±21,62	32,40±17,25	0,843
<b>PO<sub>2</sub></b>	139,25±34,92	202,43±96,82	155,6±129,805	0,554
<b>pH</b>	7,39±0,18	7,52±0,15	7,47±0,18	0,478
<b>M4</b>				
<b>PCO<sub>2</sub></b>	25,25±11,64	23±17,82	27,75±11,67	0,884
<b>PO<sub>2</sub></b>	178,75±63,73	228,33±87,27	225,5±43,49	0,536
<b>pH</b>	7,36±0,09	7,55±0,18	7,55±0,12	0,147

pH= potencial de hidrogênio; PCO<sub>2</sub>= pressão de dióxido de carbono em mmHg; PO<sub>2</sub>= pressão de oxigênio em mmHg; M3= momento após aspiração traqueal M4= momento final. Os valores são referentes à gasometria arterial. Valores demonstrados em média±desvio padrão.

Com relação aos dados de mecânica pulmonar de resistência e complacência, não apresentaram valores diferentes entre os grupos durante o estudo, a pressão de pico inspiratório foi mantida em 15 cmH<sub>2</sub>O.

Os dados de complacência e resistência pulmonar, PaO<sub>2</sub> e PaCO<sub>2</sub> foram avaliados através da análise comparativa da variação percentual em relação ao M2 (logo após a indução de atelectasia), conforme apresentado na **Tabela 4**. Este valor é dado pela divisão dos valores de cada variável, encontrada no M3 pelo respectivo valor no M2 e multiplicado por 100 ( $vM3/vM2*100$ ), ( $vM4/vM2*100$ ). Esta análise foi realizada para os 2 momentos M3 e M4.

Observa-se uma diferença significativa na PO<sub>2</sub> (p=0,0408) entre os grupos, sendo que o grupo que foi submetido ao tratamento de *bag squeezing* foi o grupo que demonstrou melhores valores após a intervenção. Em M4, não se evidencia diferença para os valores de complacência e resistência entre e intra grupo durante esse momento no estudo.



**Tabela 3-** Média percentual das variáveis complacência e resistência pulmonar nos momentos M3 e M4

Variáveis	Grupo Controle (n=6)	Grupo Bag squeezing (n=7)	Grupo Vibração (n=5)	Valor de p
<b>Complacência (%)</b>				
M3	76,16±43,02	145,27±61,08	205,58±198,28	0,2046
M4	55,08±45,28	158,12±80,58	214,72±116,04	0,0718
<b>Resistência (%)</b>				
M3	141,07±91,02	131,15±105,5	96,83±41,62	0,8037
M4	109,24±37,35	79,53±18	89,60±54,39	0,3767
<b>PO2(%)</b>				
M3	97,80±37,33	166,75±68,63	104,41±45,45	0,0408*
M4	128,12±75,91	222,63±122,38	124,9,63±52,37	0,0994
<b>PCO2 (%)</b>				
M3	96,34±53,19	98,92±38,4	88,80±21,82	0,8626
M4	91,1±47,2	68,23±19,93	92,22±54,22	0,5176

M3= momento após aspiração traqueal M4= momento final PO2 = pressão de oxigênio em mmHg PCO2 = pressão de dióxido de carbono em mmHg. Os valores são dados em média±desvio padrão e estão em percentagem. Foi considerada significância estatística quando \*p<0,05.

A análise das radiologias de tórax é apresentada no **Quadro 1**. A concordância entre os dois radiologistas pelo teste de Kappa apresentou resultado de 0,824 (P<0,001).

**Quadro 1-** Dados da análise da radiografia de tórax quanto a atelectasia nos momentos M2 e M3

Raio-x		Grupo controle*	Grupo Bag squeezing	Grupo vibração
M2	Presença	6	7	5
	Ausência	2	1	3
M3	Sem alterações	4	3	5
	Melhora	0	3	2
	Piora	2	2	1

Legenda: M2= imediatamente após a indução da atelectasia, M3= após os tratamentos. Sem alterações= a atelectasia manteve-se durante o estudo, melhora = reversão de no mínimo um dos critérios avaliados, piora = acréscimo de critério positivo para atelectasia. \*Morreram dois animais

## Discussão

Este estudo se propôs a comparar duas técnicas de fisioterapia respiratória, em modelo experimental de atelectasia, em suínos recém-nascidos, onde os resultados demonstraram uma tendência na melhora da oxigenação do grupo submetido ao tratamento de *bag squeezing*, evidenciado pela variação percentual da PaO<sub>2</sub>.

A média da variação percentual da complacência e resistência pulmonar, PaO<sub>2</sub> e PaCO<sub>2</sub> foi calculada para reduzir as diferenças intra grupo e mostrou diferença significativa entre os grupos para a PaO<sub>2</sub>, sendo que o maior valor atingido foi pelo grupo que realizou a manobra de *bag squeezing*, imediatamente após a realização da técnica. Embora, 30 minutos após a finalização da manobra, esses valores não tenham apresentado significância estatística, permaneceram mais elevados neste grupo. Esta melhora na oxigenação pode ser atribuída ao fato de que o *bag squeezing* é capaz de recrutar áreas pulmonares hipoventiladas, aumentando a ventilação alveolar<sup>8</sup> através, principalmente, do aumento do pico de pressão inspiratória<sup>7</sup> e volume corrente<sup>19</sup>.

A complacência pulmonar, para o momento M4, obteve valores próximos da significância estatística, corroborando com outros estudos,<sup>20, 21</sup> que referem um aumento na complacência pulmonar após técnica de hiperinsuflação manual. Nesse sentido, um número maior de suínos poderia confirmar esta diferença entre os grupos, pois também para a técnica de vibração manual esta variável obteve melhora. As análises das radiografias de tórax não evidenciaram reversão da atelectasia para nenhuma das duas técnicas de fisioterapia respiratória, ao contrário do esperado quando o estudo foi proposto, porém o grupo controle foi o único que não apresentou nenhum resultado de melhora na atelectasia.

Embora existam, na literatura, estudos que se propõe a avaliar procedimentos de fisioterapia respiratória utilizando técnicas manuais ou dispositivos mecânicos de fisioterapia em modelos animais<sup>18</sup>, não foram encontrados estudos utilizando animais recém-nascidos. Um estudo, utilizando cães adultos,<sup>12</sup> avaliou os efeitos das técnicas de

tapotagem e percussão torácica e concluiu que as técnicas foram capazes de produzir alterações gasométricas significativas imediatamente após sua aplicação. Os autores relatam aumento significativo da PaO<sub>2</sub> e redução da PaCO<sub>2</sub> para a técnica de percussão, com resultados foram semelhantes para a tapotagem, porém sem significância estatística quanto a PaCO<sub>2</sub>. Por outro lado, relatam a presença de áreas de atelectasia, nas regiões pulmonares submetidas ao tratamento, evidenciadas na análise anatomo patológica.

Outro estudo<sup>9</sup> comparando técnicas de fisioterapia respiratória em modelo animal com ovelhas adultas e saudáveis, concluiu que a consistência, na aplicação das técnicas, está relacionada com as características de cada fisioterapeuta e, especialmente, com a experiência clínica. Este trabalho avaliou as técnicas de tapotagem, vibração e *shaking* e a repercussão hemodinâmica dessas técnicas, concluindo que as intervenções não afetaram a função hemodinâmica, aumentaram significativamente o volume corrente expiratório e não diferiram para pico de fluxo expiratório e frequência respiratória.

Dois estudos<sup>10, 11</sup> referem-se a um modelo de atelectasia com infusão de muco artificial em coelhos adultos. Um deles<sup>10</sup>, avaliou a influência da compressão torácica e/ou a posição prona na ventilação, oxigenação e complacência pulmonar e demonstrou que a compressão torácica não modificou a relação PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>, considerando essa técnica ineficiente para a re-expansão de áreas com colapso alveolar, ou aumento na complacência dinâmica. Em relação aos decúbitos, a posição prona mostrou-se significativamente mais eficiente para melhorar a oxigenação. Traçando um comparativo entre o modelo de atelectasia em coelhos com o proposto por esse estudo, verifica-se a diferença no critério para a confirmação da atelectasia, onde aquele avaliou por análise histopatológica e esse utilizou a confirmação através de imagens radiográficas de tórax antes e após a infusão de muco artificial. O outro estudo<sup>11</sup>, desenvolvido pelo mesmo grupo de pesquisadores, comparou os efeitos da compressão torácica manual torácica associada à aspiração traqueal na oxigenação, ventilação e higiene brônquica. O grupo que recebeu a compressão torácica obteve piores resultados, além de um provável aumento do colapso alveolar. Os autores realizaram a mensuração da atelectasia analisando visualmente o pulmão ainda na caixa torácica e estimando o percentual da superfície pulmonar com atelectasias. Nestes dois estudos foi realizada técnica semelhante à vibração manual torácica que utilizamos, tendo como resultado

evidencia piora gasométrica<sup>11</sup> e aumento das áreas de atelectasia<sup>10</sup>, sugerindo que procedimentos que comprimem a caixa torácica possam contribuir para o colapamento alveolar, o que não foi confirmado no presente estudo, onde somente um animal submetido à técnica de vibração manual torácica apresentou piora radiológica após a intervenção. É importante salientar que a retirada dos pulmões pode lesionar tecidos pulmonares, o que pode se transformar em fator de confusão para o diagnóstico de atelectasia<sup>12</sup>. Assim, o exame radiológico de tórax vem esclarecer quaisquer dúvidas quanto à produção do modelo de atelectasia após a infusão de muco artificial e sua evolução durante o período de estudo.

Outro estudo<sup>11</sup>, desenvolvido pelo mesmo grupo de pesquisadores, comparou os efeitos da compressão torácica associada à aspiração traqueal na oxigenação, ventilação e higiene brônquica. O grupo que recebeu a compressão torácica obteve piores resultados, além de um provável aumento do colapso alveolar. Os autores realizam a mensuração da atelectasia, analisando visualmente o pulmão ainda na caixa torácica e estimando o percentual da superfície pulmonar com atelectasias. Estes dois estudos, que realizaram técnica semelhante à vibração torácica manual, evidenciam piora gasométrica e aumento das áreas de atelectasias, sugerindo que procedimentos que comprimem a caixa torácica possam contribuir para o colapamento alveolar. É importante salientar que a retirada dos pulmões pode lesionar tecidos pulmonares, o que pode se transformar em fator de confusão para o diagnóstico de atelectasia<sup>12</sup>. Assim, o exame radiológico de tórax vem esclarecer quaisquer dúvidas quanto à produção do modelo de atelectasia após a infusão de muco artificial.

Em estudo que utilizou a hiperventilação manual associada à compressão da caixa torácica durante a fase expiratória em coelhos adultos submetidos a modelo de síndrome de aspiração de mecônio<sup>13</sup> foi demonstrado aumento significativo da oxigenação em todos os momentos do estudo para o grupo que realizou a manobra de hiperinsuflação manual mais compressão torácica. Em nosso estudo, diferentemente, associamos vibrocompressão à hiperinsuflação manual e a oxigenação, apresentou diferença estatisticamente significativa apenas imediatamente após a realização da técnica. Para o estudo com coelhos a  $F_{iO_2}$  foi de 0,1, a PEEP utilizada foi alterada de 3 no início para 5 cm de H<sub>2</sub>O, e ainda a frequência respiratória era ajustada para manter a normocapnia, parâmetros estes que foram mantidos fixos em nosso estudo. O modelo com coelhos buscou reproduzir uma síndrome que necessita da instilação de mecônio nas vias aéreas, enquanto nosso modelo, utilizando suínos recém-nascidos, se propôs a

reproduzir atelectasia por obstrução brônquica e utilizando muco artificial, em modelos com síndrome de aspiração de mecônio, o comprometimento pulmonar é mais extenso e mais grave quando comparado a comprometimento por muco artificial, justificando que o trabalho com coelhos apresentou melhoras mais consistentes na oxigenação.

Com relação às limitações do estudo, os efeitos deletérios da hiperóxia são bem descritos na literatura<sup>22</sup>, porém, devido à limitações técnicas não foi possível utilizar frações de oxigênio mais baixas. Quanto ao exame radiológico de tórax, neste estudo, foi utilizada somente a incidência antero-posterior, porém, a incidência lateral seria mais eficiente para detectar a presença de atelectasia, sobretudo em lobo médio. Por fim, em função de limitações quanto à disponibilidade de pessoal, o tempo transcorrido entre a infusão de muco artificial, nas vias aéreas até a realização do raio-x de tórax, foi diversas vezes superior ao esperado.

Mesmo considerando estas limitações, este estudo apresenta um modelo novo para o estudo das técnicas de fisioterapia respiratória e, a partir dele, é possível sugerir novos estudos, envolvendo um o número maior de animais por grupo, frações inspiratórias de oxigênio mais baixas e avaliação da segurança das técnicas de fisioterapia, mensurando a PIC e os efeitos hemodinâmicos.

### **Considerações finais**

Este estudo sugere que a técnica de *bag squeezing* seja mais eficiente do que a vibração manual, porém a melhora clínica não foi acompanhada de melhora radiológica detectável em modelo de atelectasia por muco artificial em suínos recém-nascidos. Não foram encontrados outros estudos que utilizassem o modelo porcino recém-nascidos para o estudo de fisioterapia respiratória. Novos estudos experimentais, envolvendo um o número maior de animais por grupo, frações inspiratórias de oxigênio mais baixas e avaliação da segurança das técnicas de fisioterapia mensurando a PIC e os efeitos hemodinâmicos.

## REFERÊNCIAS

1. Nicolau CM, Falcão FM. Efeitos da fisioterapia respiratória em recém-nascidos: análise crítica da literatura. *Rev Paul Ped* 2007;25:72-5.
2. Hough JL, Flenady V, Johnston L, et al. Chest physiotherapy for reducing respiratory morbidity in infants requiring ventilatory support. *Cochrane Database Syst Rev*. 2008(3):CD006445.
3. Abreu LCP, Valenti VE. Uma visão da prática da fisioterapia respiratória: ausência de evidência não é evidência de ausência. *Arq Med ABC*. 2007;2:72-78.
4. Comaru T, Silva E. Segurança e eficácia da fisioterapia respiratória em recém-nascidos: uma revisão de literatura. *Fisioter e Pesq* 2007;14:91-7.
5. Antunes LCO, Silva EG, Bocardo P, et al. Efeitos da fisioterapia respiratória convencional versus o aumento do fluxo expiratório na saturação de O<sub>2</sub>, frequência cardíaca e frequência respiratória em prematuros no período pós-extubação. *Rev bras fisioter*. 2006;1:97-103.
6. Shannon H, Gregson R, Stocks J, Cole TJ, Main E. Repeatability of physiotherapy chest wall vibrations applied to spontaneously breathing adults. *Physiotherapy*. 2009;95:36-42.
7. Denehy L. The use of manual hyperinflation in airway clearance. *Eur Respir J*. 1999;14:958-965.
8. Anning L, Paratz J, Wong WP, et al. Effect of manual hyperinflation on haemodynamics in an animal model. *Physiotherapy research international : the journal for researchers and clinicians in physical therapy*. 2003;8:155-163.
9. Wong WP, Paratz JD, Wilson K, et al. Hemodynamic and ventilatory effects of manual respiratory physiotherapy techniques of chest clapping, vibration, and shaking in an animal model. *J Appl Physiol*. 2003;95:991-8.
10. Unoki T, Mizutani T, Toyooka H. Effects of expiratory rib cage compression and/or prone position on oxygenation and ventilation in mechanically ventilated rabbits with induced atelectasis. *Respiratory care*. 2003;48:754-762.
11. Unoki T, Mizutani T, Toyooka H. Effects of expiratory rib cage compression combined with endotracheal suctioning on gas exchange in mechanically ventilated rabbits with induced atelectasis. *Respiratory care*. 2004;49:896-901.
12. Zidulka A, Chrome JF, Wight DW, et al. Clapping or percussion causes atelectasis in dogs and influences gas exchange. *J Appl Physiol*. 1989;66:2833-8.
13. Zhang E, Hiroma T, Sahashi T, et al. Airway lavage with exogenous surfactant in an animal model of meconium aspiration syndrome. *Pediatrics international*. 2005;47:237-241.
14. Kim CS, Abraham WM, Chapman GA, et al. Influence of two-phase gas-liquid interaction on aerosol deposition in airways. *The American review of respiratory disease*. 1985;131:618-623.
15. Puchelle E, Zahm JM, Duvivier C et al. Elasto-thixotropic properties of bronchial mucus and polymer analogs. I. Experimental results. *Biorheology*. 1985;22:415-423.

16. Brasil. Lei 11.794/08 Procedimentos para o Uso Científico de Animais. Diário Oficial da União. 2008.
  17. Ferreira RC, Mendonça P, Melo T. Comportamento e parâmetros fisiológicos de leitões nas primeiras 24 horas de vida. *Cienc Agrotec Lavras*. 2007;31:1845-9.
  18. Comaru T. Modelo experimental de atelectasia em recém-nascidos: desenvolvimento de um modelo para o estudo das técnicas de fisioterapia respiratória em recém-nascidos.[Tese] PUCRS. 2011.
  19. Maa SH, Hung TJ, Hsu KH, et al. Manual hyperinflation improves alveolar recruitment in difficult-to-wean patients. *Chest*. 2005;128:2714-2721.
  20. Choi JS, Jones AY. Effects of manual hyperinflation and suctioning in respiratory mechanics in mechanically ventilated patients with ventilator-associated pneumonia. *Aust J Physiother*. 2005;51:25-30.
  21. Hodgson C, Denehy L, Ntoumenopoulos G, et al. An investigation of the early effects of manual lung hyperinflation in critically ill patients. *Anaesth Intensive Care*. 2000;28:255-261.
  22. Davis JM, Dickerson B, Metlay L, Penney DP. Differential effects of oxygen and barotrauma on lung injury in the neonatal piglet. *Pediatric pulmonology*. 1991;10:157-163.
-

## **CAPÍTULO IV**

---



## CONCLUSÕES

Este estudo sugere que a técnica de *bag squeezing* seja mais eficiente do que a vibração manual, porém a melhora clínica não foi acompanhada de melhora radiológica detectável em modelo de atelectasia por muco artificial em suínos recém-nascidos. Não foram encontrados outros estudos que utilizassem o modelo porcino recém-nascidos para o estudo de fisioterapia respiratória. Novos estudos experimentais, envolvendo um número maior de animais por grupo, frações inspiratórias de oxigênio mais baixas e avaliação da segurança das técnicas de fisioterapia mensurando a PIC e os efeitos hemodinâmicos.

---

# **Anexos**

---

**Tabela 1** – Valores de resistência e complacência durante o estudo.

Variáveis	Grupo Controle (n=6)	Grupo <i>Bag</i> <i>squeezing</i> (n=7)	Grupo Vibração (n=5)	Valor de p
<b>Antes da atelectasia</b>				
<b>Resistência</b>	144,71±30,71	238,72±122,31	186,14±42,37	0,0993
<b>Complacência</b>	6,4±5,97	3,11±1,51	3,63±2,35	0,222
<b>Após atelectasia</b>				
<b>Resistência</b>	192,43±59,01	243,12±90,44	228,12±88,73	0,5287
<b>Complacência</b>	4,21±4,44	1,59±0,72	1,83±1	0,2534
<b>M3</b>				
<b>Resistência</b>	245,02±152,5	273,81±145,5	228,59±91,38	0,8002
<b>Complacência</b>	2,09±0,97	2,34±1,18	1,90±1,15	0,7683
<b>M4</b>				
<b>Resistência</b>	191,07±47,74	164,62±20,24	179,18±55,24	0,5553
<b>Complacência</b>	2,02±1,46	2,78±1,41	2,47±1,09	0,6371

Legenda: M3= momento após aspiração traqueal M4= momento final. Dados demonstrados em média ± desvio padrão. Os valores de resistência e complacência pulmonar estão em cm de H<sub>2</sub>O

**Figura 1-** Raio-x controle: imagens da radiografia de tórax de um animal submetido a técnica de *bag squeezing*.

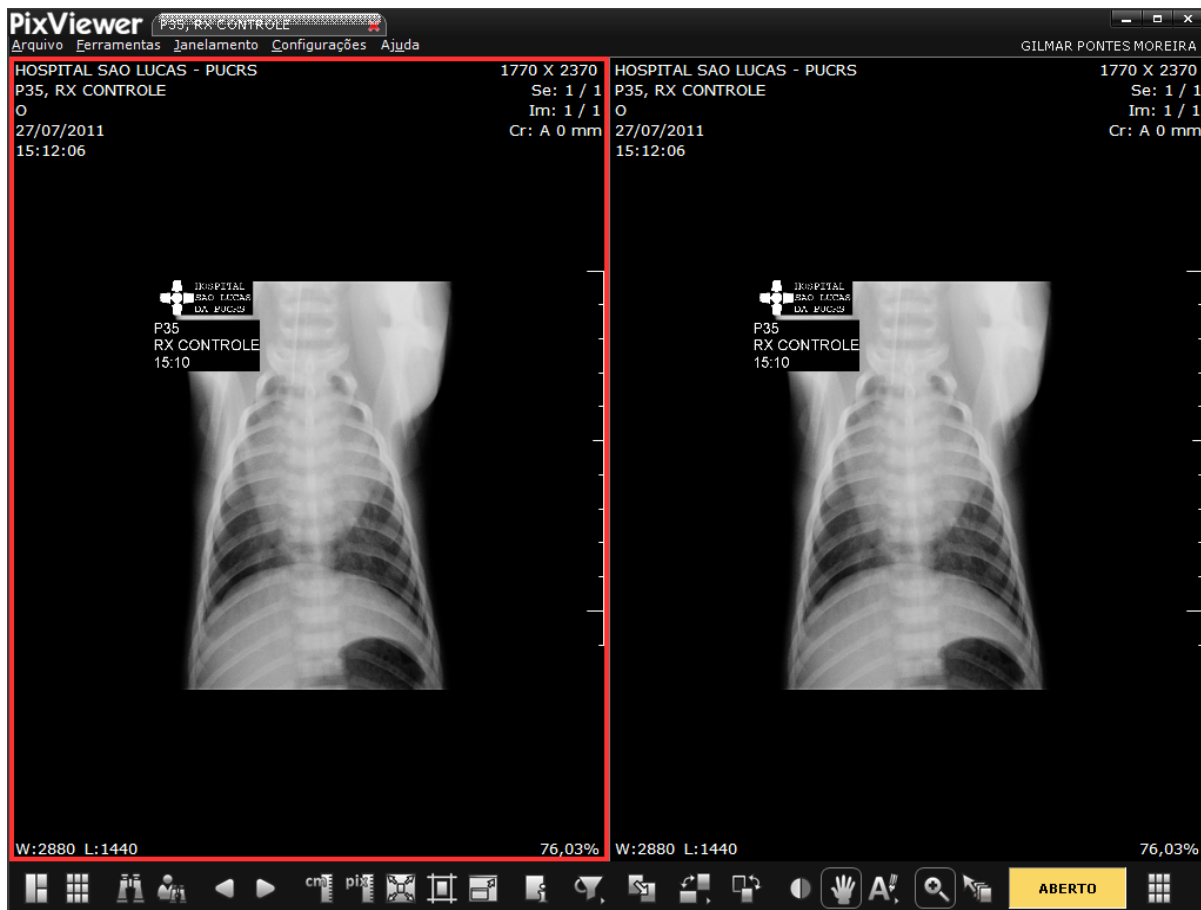


Imagem do raio-x controle do animal, era procedida antes da indução da atelectasia.

**Figura 2-** Raio-x 1: imagens da radiografia de tórax de um animal submetido a técnica de *bag squeezing*.

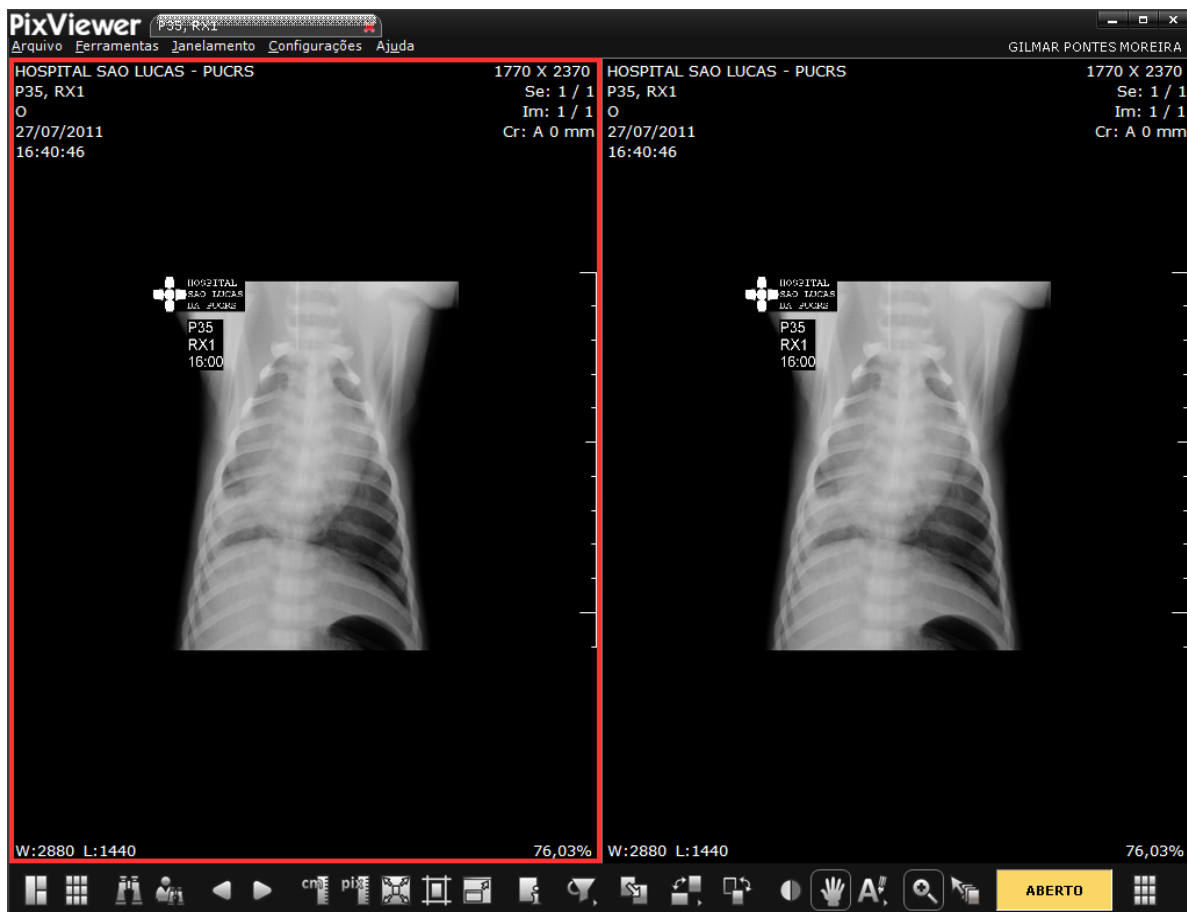


Imagem do raio-x 1, procedido após a indução da atelectasia.

**Figura 3** – Raio-x 2: imagens da radiografia de tórax de um animal submetido a técnica de *bag squeezing*.

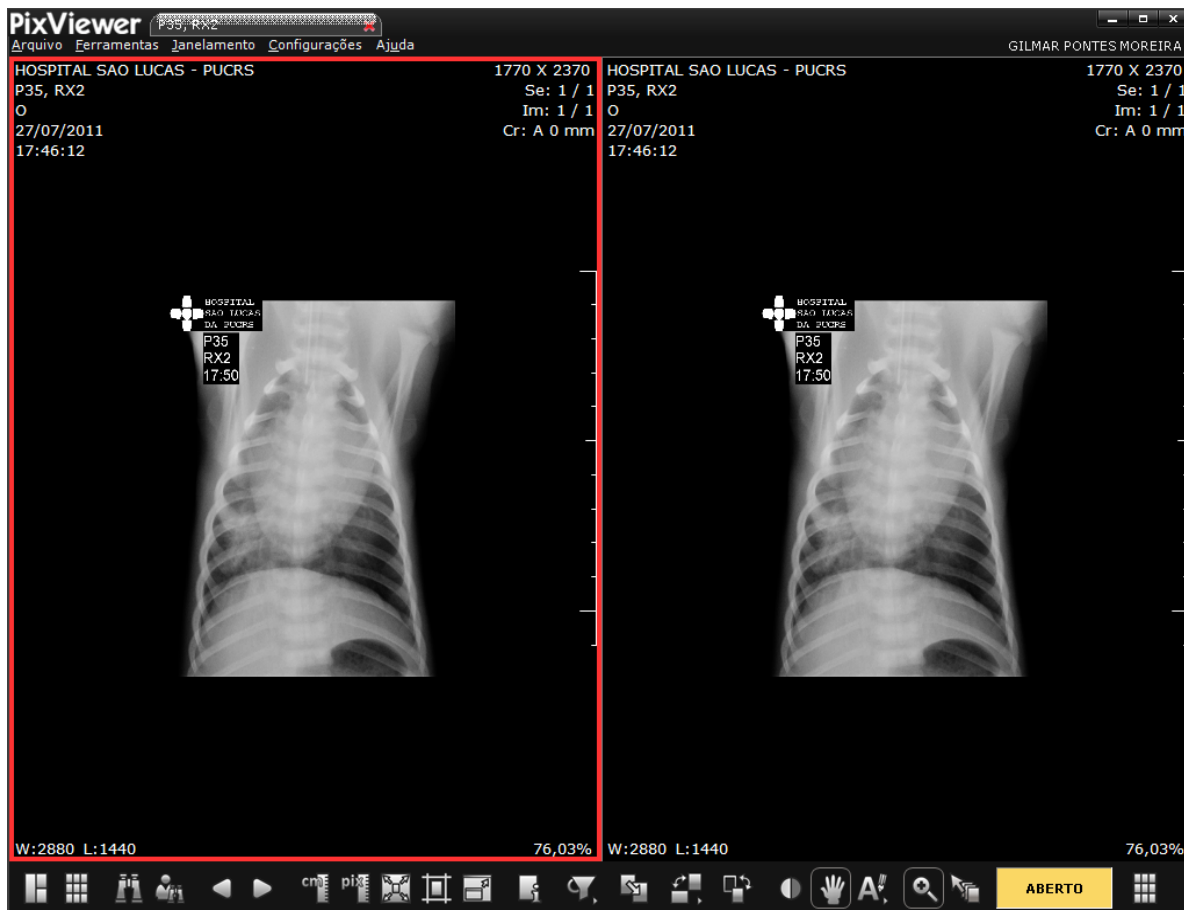


Imagem do raio-x 2, procedido após o termino da aplicação da técnica de *bag squeezing*.