



TITULAÇÃO DA PEEP PELA COMPLACÊNCIA E PRESSÃO DE DISTENSÃO DE
VIAS AÉREAS EM PACIENTES SOB ANESTESIA GERAL

Beatriz Esteves Nogueira

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica.

Orientadores: Antonio Giannella Neto

Alysson Roncally Silva Carvalho

Rio de Janeiro

Junhode2019

TITULAÇÃO DA PEEP PELA COMPLACÊNCIA E PRESSÃO DE DISTENSÃO DE
VIAS AÉREAS EM PACIENTES SOB ANESTESIA GERAL

Beatriz Esteves Nogueira

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA
(COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA BIOMÉDICA.

Examinada por:

Prof. Alysson RoncallySilva Carvalho, D.Sc.

Prof. Alexandre Visintainer Pino, D.Sc.

Prof. Pedro Leme Silva, D.Sc.

Prof^a. Marcia da Silveira Charneca Vaz, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ- BRASIL

JUNHODE 2019

Nogueira, Beatriz Esteves

Titulação da PEEP pela complacência e pressão de distensão de vias aéreas em pacientes sob anestesia geral/ Beatriz Esteves Nogueira. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2019.

X, 57p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Antonio Giannella Neto,

Alysson Roncally Silva Carvalho

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Biomédica, 2019.

Referências Bibliográficas: p. 36-40.

1. Titulação de PEEP. 2. Driving Pressure. 3. Complacência. I. GiannellaNeto, Antonio, *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Biomédica. III. Título.

Agradecimentos

Agradeço a FAPERJ, CAPES e CNPq pelo apoio financeiro a mim e ao meu programa, sem o qual este trabalho não poderia ter sido realizado.

Agradeço a Deus, apesar de parecer clichê, mas sem Ele eu não teria chegado até aqui.

Agradeço aos meus filhos, Gustavo e Manuela, pela força que vocês sempre me deram, sem nem mesmo saber, de lutar e conseguir atingir objetivos pessoais meus, mas sempre pensando no melhor para vocês.

Agradeço ao meu pai, por ter me proporcionado uma base para que eu chegasse até aqui.

Agradeço a minha mãe, que já não se encontra nesse plano, por ter ensinado o que era amor.

Agradeço aos meus irmãos e cunhado, pelo apoio com os meus filhos, quando eu precisava me ausentar para estudar e também por ouvirem meus choros frequentes.

Agradeço as minhas avós, que também participaram muito da formação da minha base.

Agradeço ao meu ex-marido, pela força e apoio.

Agradeço aos colegas de turma, que dividiram um ano inteiro de angústias e alegrias.

Agradeço aos meus orientadores, que me acrescentaram conhecimentos e me ensinaram a pensar.

Agradeço aos colegas do laboratório que também sempre me ajudaram bastante.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

TITULAÇÃO DA PEEP PELA COMPLACÊNCIA E PRESSÃO DE DISTENSÃO DE VIAS AÉREAS EM PACIENTES SOB ANESTESIA GERAL

Beatriz Esteves Nogueira

Junho/2019

Orientadores: Antonio Giannella Neto

Alysson Roncally Silva Carvalho

Programa: Engenharia Biomédica

O presente trabalho avaliou a influência do componente resistivo na determinação da pressão positiva ao final da expiração (PEEP) que minimiza o trabalho elástico do sistema respiratório em pacientes com pulmão saudável durante colecistectomia sob anestesia geral. 25 pacientes submetidos à cirurgia eletiva por via laparoscópica foram submetidos às manobras de recrutamento inicial e titulação decrescente de PEEP, antes e após o pneumoperitônio (PNP). A manobra de recrutamento consistiu em um aumento progressivo da PEEP até 20 cmH₂O em modo pressão controlada, frequência respiratória de 6 ciclos/min e relação inspiração:expiração de 1:1. Posteriormente, em modo Volume Controlado com volume corrente (V_T) de 6 mL/kg, a PEEP foi reduzida desde 20 até 6 cmH₂O, em passos de 2 cmH₂O com 30s por degrau. Em cada degrau, a *driving pressure* (dP) foi calculada a partir da pressão de vias aéreas utilizando a pressão de pico e a pressão de platô. Adicionalmente, a complacência estática do sistema respiratório (SR), a complacência dinâmica do SR, além daquela estimada pelo método dos mínimos quadrados (Cmmq) em um modelo linear unicompartimental foram calculadas em cada degrau e as PEEPs correspondentes a seus valores máximos foram comparadas com as PEEPs que minimizam a dP. Antes do PNP houve diferença estatística apenas entre as PEEPs obtidas por dP dinâmica e Cmmq; após o PNP, não houve diferença entre as PEEPs. Considerando a facilidade para o cômputo da dP dinâmica, sem necessidade de pausas ou da medida do V_T , conclui-se viável este método de medida para individualização da PEEP em pacientes durante anestesia geral.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

PEEP TITRATION BY COMPLIANCE AND AIRWAY DRIVING PRESSURE IN
PATIENTS UNDER GENERAL ANESTHESIA

Beatriz Esteves Nogueira

June/2019

Advisors: Antonio Giannella Neto

Alysson Roncally Silva Carvalho

Department: Biomedical Engineering

This work evaluated the influence of the resistive component on the determination of the positive end-expiratory pressure (PEEP) that minimizes the elastic work of the respiratory system in patients with healthy lung during cholecystectomy under general anesthesia. Twenty-five patients who underwent elective laparoscopic surgery received initial recruitment maneuvers and decreasing PEEP titration before and after pneumoperitoneum (PNP). The recruitment maneuver consisted of an increase of PEEP up to 20 cmH₂O in controlled pressure mode, respiratory rate of 6 cycles/min and inspiration: expiration ratio of 1: 1. Afterwards, in Volume Controlled Mode, tidal volume (V_T) of 6 mL/kg, PEEP was reduced from 20 to 6 cmH₂O, with 2 cmH₂O steps, 30s per step. At each step, the driving pressure (dP) was calculated from airway pressure using peak and plateau pressures. Additionally, the respiratory system (SR) static and dynamic compliances, and the estimated by the least squares method (Cl_{sq}) in a unicompartamental linear model were calculated at each step and the PEEPs corresponding to their maximum values were compared with PEEPs that minimized dP. Before PNP there were statistical differences only between the PEEPs obtained by dynamic dP and Cl_{sq}; after PNP, there were no differences between PEEPs. Considering the ease calculation of dynamic dP, without the need of pauses or the measurement of the V_T, this method of measurement for individualizing PEEP in patients during general anesthesia is viable.

Sumário

1	Introdução.....	1
2	Objetivos.....	3
2.1	Principal.....	3
2.2	Específico	3
3	Revisão da literatura	4
3.1	Cirurgia Laparoscópica.....	4
3.2	Mecânica do Sistema Respiratório	6
3.3	Ventilação Mecânica Protetora.....	8
3.4	<i>Driving Pressure</i>	12
4	Materiais e Métodos	15
4.1	Aspectos éticos	15
4.2	Voluntários	15
4.3	Protocolo experimental.....	16
4.3.1	Protocolo Experimental	16
4.3.2	Aquisição dos sinais	17
4.4	Processamento de sinais	17
4.5	Análise Estatística.....	18
5	Resultados.....	19
5.1	<i>Driving Pressure</i> Antes e Após Pneumoperitônio	19
5.2	PEEP titulada pela mínima <i>Driving Pressure</i> estática e dinâmica.....	20
5.3	Complacências.....	23
5.4	PEEP titulada pela máxima complacência	23
5.5	PEEP titulada pela mínima <i>driving pressure</i> comparada com a de máxima complacência	26

5.6 Resistência	30
6 Discussão	34
7 Limitações do estudo	38
8 Conclusão	39
9 Referências bibliográficas	40
Apêndice A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	46
Anexo A – Parecer do Comitê de ética em pesquisa	49
Anexo B – Classificação do estado físico	50
Anexo C - Características dos pacientes.....	51

Lista de abreviaturas e siglas

- FAPERJ – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro
- CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
- PEEP – Positive end-expiratory pressure (pressão positiva ao final da expiração)
- dP – *driving pressure*
- PNP – pneumoperitônio
- Pmotriz – pressão motriz de vias aéreas
- Csr – complacência do sistema respiratório
- Crs,dyn – complacência dinâmica
- Crs,stat – complacência estática
- Crs, MMQ – complacência estimada pelo MMQ
- MMQ – método dos mínimos quadrados
- Rsr – resistência do sistema respiratório
- Esr – elastância do sistema respiratório
- Pplatô – pressão de platô
- V' - fluxo
- V – volume
- CRF – capacidade residual funcional
- VR – volume de reserva expiratório
- Ep – elastância de pulmão
- Ecw – elastância da caixa torácica
- ZEEP – zero end-expiratory pressure
- BNM – bloqueio neuromuscular
- PIA – pressão intra-abdominal

VILI – ventilationinducedlunginjury (lesão pulmonar induzida pela ventilação mecânica)

P0 – pressão ao final da expiração

ARDS – acute respiratory disease syndrome

EELV – end-expiratory lung volume

MR – Manobra de recrutamento

ALI – acutelunginjury (lesão pulmonar aguda)

VCV – ventilação com volume controlado

PCV – ventilação com pressão controlada

Ppl – pressão de platô

PEEPdp – PEEP de mínima drivingpressure

PEEPstat – PEEP de máxima complacência estática

PEEPdyn – PEEP de máxima complacência dinâmica

PEEPmmq – PEEP de máxima complacência estimada pelo método dos mínimos quadrados

PEEPres – PEEP de menor resistência

TCLE – termo de consentimento livre e esclarecido

1 Introdução

A laparoscopia é uma cirurgia minimamente invasiva que apresenta grandes vantagens em relação à laparotomia, como menor tempo de internação e dor pós-operatória (VELANOVICH, 2000, NEZHAT *et al.*, 2009). Porém, a laparoscopia normalmente é acompanhada do PNP, com a inserção de gases na cavidade abdominal, o que altera os componentes mecânicos ventilatórios devido ao deslocamento cranial do diafragma, aumentando a elastância do sistema (Ers) e áreas de atelectasia, principalmente em regiões dependentes, diminuindo a oxigenação (VALENZA *et al.*, 2010, LORING *et al.*, 2014). A pressão abdominal é transmitida à pleura, aumentando a elastância pulmonar e diminuindo a pressão transpulmonar.

A aplicação de uma ventilação mecânica adequada é importante para minimizar esses efeitos que estão associados a uma maior mortalidade (ARDSNet, 2000). A ventilação protetora com baixos volumes correntes (6ml/kg de massa corporal predita), atualmente aceita, nem sempre previne lesões pulmonares, já que existe uma heterogeneidade no padrão de lesão pulmonar (GATTINONI, PESENTI, 2005). A titulação da PEEP, a partir da medida da mínima elastância vem mostrando efeitos positivos, com menor lesão de abertura e fechamento alveolar cíclico e pela hiperdistensão (CARVALHO *et al.*, 2006; CARVALHO *et al.*, 2007; CARVALHO *et al.*, 2008; SOARES *et al.*, 2018).

Um parâmetro que vem mostrando grande importância para a titulação da ventilação mecânica adequada, e que pode ser medida a beira do leito, é a *airways driving pressure* (dP) ou pressão motriz de vias aéreas, calculada de forma fácil e rápida pela diferença entre a pressão de platô e a PEEP (BAEDORF KASSIS, LORING, TALMOR, 2016) e que representa uma normalização do volume corrente de cada paciente, não sendo influenciada pela variação desse volume, que é uma medida relativamente complexa (calculada a partir da vazão do fluido em questão) em comparação a medidas de pressão, feitas de forma direta através de um sensor de pressão. Isso também mostra a grande vantagem em comparação à titulação feita com medidas de elastância, que são dependentes da medida de volume corrente.

A *driving pressure* (dP) pode ser definida como estática e dinâmica.

$$dP, \text{stat} = P_{\text{platô}} - \text{PEEP}$$

(1)

$$dP, \text{dyn} = P_{\text{pico}} - \text{PEEP}$$

(2)

Para a dP estática é necessário uma pausa inspiratória, para que seja possível analisar o componente elástico apenas, eliminando o componente resistivo; já a medida da dP dinâmica utiliza a pressão de pico não necessitando da pausa e é incorporado o componente resistivo, conforme a equação do movimento sugere, considerando o sistema respiratório formado por um tubo e um balão.

$$P_{\text{motriz}} = R_{\text{sr}} \cdot V' + E_{\text{sr}} \cdot V + P_0 \quad (3)$$

Onde P_{motriz} é a pressão motriz de vias aéreas, R_{sr} é a resistência do sistema respiratório, V' o fluxo, E_{sr} a elastância do sistema respiratório, V o volume e P_0 , a pressão motriz quando V' e V são iguais a zero.

A dP tem sido a variável com maior correlação com a mortalidade (valores acima de 14 cmH₂O), mesmo em paciente ventilados com volumes correntes e pressões de platô baixos, como sugere a ventilação protetora (AMATO *et al.*, 2015, GUÉRIN *et al.* 2016). A associação de PEEP alta só mostrou efeito positivo quando associada a uma baixa dP, e o efeito da Pressão de Platô só aumentou a mortalidade quando associada a um aumento da dP.

Sendo a dP um importante índice preditor de mortalidade, e a escolha da melhor PEEP ainda ser um tema de grande discussão, a presente pesquisa visa medir a *driving pressure* dinâmica e estática em diferentes graus de PEEP, compará-las e avaliar se o componente resistivo influencia a escolha da melhor PEEP. Além disso, avaliar também se a simples medição da PEEP de mínima *driving pressure* será equivalente à medida da PEEP estimada pela maior complacência (estática, dinâmica e estimada pelo MMQ) do sistema respiratório, que é uma medida que já apresenta evidências de evitar as lesões pulmonares (CARVALHO *et al.*, 2007). Também avaliamos e comparamos a

PEEP de maior complacência com a de menor resistência em cada degrau de PEEP, apenas para corroborar a importância das medidas mecânicas para o ajuste da PEEP.

2 Objetivos

2.1 Principal

Avaliar a influência do componente resistivo na determinação da PEEP que minimiza o trabalho elástico, verificando se a simples medição da PEEP de mínima *driving pressure* dinâmica será equivalente à medida da PEEP de mínima *driving pressure* estática.

2.2 Específico

Calcular as PEEPs de máxima complacência dinâmica, estática e estimada pelo método dos mínimos quadrados, comparando-as com as medidas pela dP_{dyn} e dP_{stat} .

3 Revisão da literatura

3.1 Cirurgia Laparoscópica

A cirurgia laparoscópica é uma técnica cirúrgica minimamente invasiva utilizada para o diagnóstico e tratamento da colecistite, em cirurgias de próstata, ginecológicas, bariátricas entre outras onde, através de uma pequena incisão é inserido o laparoscópio que permite visualizar os órgãos pélvicos e abdominais para o procedimento cirúrgico. Segundo VILOSet *al.* (2007), a primeira cirurgia laparoscópica foi realizada em um cão, em 1901, na Alemanha. Já em 1910, na Suécia, foi realizada pela primeira vez em humanos. Desde então, sofreu grandes avanços até que, em 1986, foi amplamente difundida devido ao surgimento das câmeras filmadoras mais modernas (CBC,2004). A cirurgia laparoscópica apresenta grandes vantagens em relação a laparotomia (NEZHAT *et al.*, 2009) por ser menos invasiva, o que diminui o tempo de internação, com menos dor no pós-operatório, há menor perda de sangue e maior preservação nervosa. Normalmente essa técnica requer a realização de PNP associado. O PNP é uma técnica de introdução de gases inertes (normalmente o CO₂) na cavidade abdominal com pressões de até 12mmHg para melhor visualização dos órgãos do abdômen e pelve. Esses gases na cavidade abdominal, principalmente em posição supino, empurram cranialmente o diafragma diminuindo o volume pulmonar, a capacidade residual funcional (CRF) e o volume de reserva (VR). Com essas alterações, há um aumento na elastância pulmonar, gerando áreas de atelectasia, principalmente em região de bases, diminuindo a oxigenação (VALENZA *et al.*, 2010). Além dos efeitos mecânicos, por ser um procedimento cirúrgico, a própria anestesia leva a alterações da função respiratória, que são: diminuição do movimento diafragmático devido a depressão do sistema nervoso central, formando áreas de atelectasia, principalmente em bases pulmonares; redução da CRF e da relação ventilação/perfusão, aumentando as áreas de *shunt*, onde existe perfusão porém não ventila(RUSSO *et al.*, 2013, ANDERSSON *et al.*, 2005). A cirurgia para a retirada da vesícula biliar, ou colecistectomia, é uma cirurgia realizada com muita frequência nos hospitais. A laparoscopia é atualmente o padrão ouro para essa cirurgia (BUIA,STOCKHAUSEN E HANISCH,2015).O posicionamento do

paciente em Trendelenburgreverso e decúbito lateral esquerdo ou em decúbito dorsal são os normalmente utilizados (ADOLPHO SALES *et al.*, 2014).

As alterações mecânicas mais frequentes durante esse tipo de cirurgia são ocasionadas pelo PNPe incluem diminuição da complacência do sistema respiratório, pulmões e parede torácica(MARACAJÁ-NETO *et al.*, 2009).

Em um estudo com pacientes adultos não obesos para colecistectomia eletiva, em posição supino, foram feitas medidas de resistência do sistema respiratório, elastância pulmonar (Ep), de parede torácica (E_{cw}) e do sistema respiratório (E_{sr}). Essas medidas foram realizadas após 10 minutos de cada evento: intubação orotraqueal (IOT), PNP, bloqueio neuromuscular (BNM), PEEP (positive endexpiratorypressure) e ZEEP (zero endexpiratorypressure), durando 5 minutos cada. As mudanças na mecânica que foram significativas ocorreram após o PNP (aumento da E_{sr}, Ep e E_{cw}), com PEEP 10cmH₂O (queda na E_{sr}, Ep, E_{cw}) e ZEEP (aumento nas Ep e E_{sr}). O BNM não interferiu significativamente nos valores da mecânica (MARACAJÁ-NETO *et al.*, 2009). Em um outro estudo, anterior ao de Maracajá-Neto *et al.*, as medidas de mecânica realizadas antes e após o PNP, em pacientes obesos e não obesos, em supino, com PEEP 7cmH₂O e ZEEP, mostrou que o PNP não alterou a elastância pulmonar e sim aumentou a de parede torácica e sistema respiratório. Isso sugere que o aumento da pressão intra-abdominal não aumenta substancialmente a pressão pleural e não comprime os pulmões. Quando adicionada a PEEP, houve um decréscimo da elastância do sistema durante o PNP e a elastância de pulmão não foi afetada pela PEEP (LORING *et al.*, 2014).

Um estudo realizado com mulheres, em cirurgia laparoscópica com PNP, confirmou o que a literatura descreve. As medidas de complacência do sistema respiratório, pressão de pico e pressão média de vias aéreas foram feitas na posição supino, 10 minutos após PNP de 10 mmHg em supino com litotomia, 10 minutos após aumento para 15 mmHg de pressão intra-abdominal (PIA), 10 minutos depois do PNP de 15 mmHg com Trendelenburg de 20 graus, 10 minutos após em posição Trendelenburg reverso, e por último em supino após 5 minutos da desinsuflação do PNP. O aumento da PIA em 15 mmHg levou a alterações mecânicas como a diminuição na complacência do sistema respiratório e aumento da pressão de vias aéreas e pressão de pico, e que a qualquer posição corporal não influenciou significativamente nessas

mudanças. Também mostrou que após a desinsuflação do abdômen, rapidamente os valores voltaram ao inicial (RAUH *et al.*, 2001).

3.2 Mecânica do Sistema Respiratório

O estudo da mecânica respiratória é de extrema importância para o ajuste e monitorização do paciente em ventilação mecânica, seja durante procedimentos cirúrgicos ou em tratamento intensivo, possibilitando assim um melhor ajuste dos parâmetros ventilatórios e prevenindo lesões associadas a ventilação mecânica (VILI) (BAEDORF KASSIS, LORING E TALMOR, 2016).

Existem componentes pulmonares resistivos e elásticos que influenciam nos cálculos de mecânica. A resistência é uma medida dinâmica, que representa a impedância durante uma mudança de volume pulmonar (fluxo/tempo) e podemos considerar dois fatores: a resistência de vias aéreas e a viscosidade pulmonar (SCHUMACKER, 1996). Em um pulmão normal, durante respiração basal, o principal componente é o de vias aéreas. Os componentes elásticos do sistema respiratório são calculados a partir da elastância ou complacência. Para isso, faz-se a medida durante uma pausa inspiratória que é quando o fluxo é zero, eliminando o componente resistivo do sistema.

A pressão elástica do sistema respiratório considera duas pressões, a transpulmonar, dada pela diferença entre pressão alveolar e pressão pleural, e a pressão transtorácica, que é a diferença entre pressão pleural e atmosférica.

$$P_{elástica} = P_{transtorácica} + P_{transpulmonar}$$

(4)

Em resumo, a pressão elástica pode ser calculada pela diferença entre pressão alveolar e pressão atmosférica.

A pressão resistiva pode ser calculada a partir da diferença entre pressão de vias aéreas e alveolar (P_{aw} e P_{alv} , respectivamente).

$$Pres = Paw - Palv$$

(5)

Um modelo matemático simples para as medidas de mecânica, formado por um tubo e um balão (pressão resistiva e elástica, respectivamente) pode ser representado pela equação do movimento (Equação 3).

A partir dessa equação, a resistência do sistema respiratório pode ser calculada:

$$Rsr = \frac{Pres}{V'}$$

(6)

A complacência, que é o recíproco matemático da elastância, também pode ser calculada, eliminando-se o componente resistivo:

$$Csr = \frac{Vt}{(Pelast - PEEP)}$$

(7)

A complacência pode ser medida no ponto inicial da pausa inspiratória, denominada dinâmica (Csr,dyn), onde a pressão considerada é a do pico inspiratório. Logo,

$$Crs, dyn = \frac{Vt}{Ppico - PEEP}$$

(8)

Quando medida ao final da pausa inspiratória, chamamos complacência estática (Crs,stat).

$$Crs, stat = \frac{Vt}{Pplat \delta - PEEP}$$

(9)

SUTER *et al.* (1975), em um estudo com 15 pacientes em ventilação mecânica devido a insuficiência respiratória aguda, mostraram que o ponto onde a complacência estática foi maior, também foi o ponto de melhor débito cardíaco, de transporte de oxigênio e de menor espaço morto fisiológico.

Um outro importante trabalho, realizado por SUAREZ-SIPMANN *et al.* (2007) avaliou oito porcos com lesão pulmonar induzida até atingir uma relação $P_aO_2/FiO_2 < 100$. Eles realizaram uma ventilação de base com PEEP de 6cmH₂O, uma manobra de recrutamento chegando a uma PEEP de 30cmH₂O respeitando uma pressão de pico de 60cmH₂O. Logo depois, levaram a PEEP para 24cmH₂O, onde iniciam a titulação decrescente da PEEP, em passos de 2cmH₂O, até o nível de 6cmH₂O e depois colocam em ZEEP. Eles encontraram uma relação entre a PEEP de máxima complacência dinâmica com o ponto onde a relação P_aO_2/FiO_2 começa a reduzir, mostrando que a PEEP de máxima complacência foi o ponto ótimo da troca gasosa. A partir desse ponto também houve aumento de shunt devido ao aparecimento de áreas não aeradas mostradas através de tomografia computadorizada. Também mostrou que as medidas das complacências estática e dinâmica tiveram uma relação linear.

Além dessas medidas, podemos estimar a complacência, calculada ciclo-a-ciclo respiratório, pelo método dos mínimos quadrados (Crs, MMQ), considerando um modelo unicompartmental do sistema respiratório, como expresso pela equação 3 (PINO *et al.*, 2002).

3.3 Ventilação Mecânica Protetora

Em indivíduos saudáveis, respirando em ar ambiente, a força muscular respiratória durante a inspiração, que é um processo ativo gerado pelo principal músculo, o diafragma, gera a pressão motriz do sistema. Essa pressão de vias aéreas precisa vencer forças elásticas e resistivas para que ocorra o enchimento dos pulmões (AIRES, 2008). Em procedimentos cirúrgicos, o indivíduo precisa ser ventilado mecanicamente, já que o componente muscular para gerar a pressão motriz é eliminado.

A ventilação tradicionalmente utilizada é feita com volume corrente calculado entre 10 ml a 15 ml por quilo de massa corporal predita e essa estratégia pode trazer lesões por hiperdistensão. A utilização de uma pressão positiva ao final da expiração (PEEP) muito baixa também pode levar a lesões por abertura e fechamento cíclicos.

Para evitar as lesões associadas a ventilação mecânica, comumente é usada ventilação com baixos volumes correntes (aproximadamente 6ml/kg de massa corporal predita) (ARDSNet,2000) e com PEEP, monitorando a pressão de platô, que não deve exceder 30 cmH₂O. Um trabalho realizado em 2008 comparou pacientes ventilados de forma protetora com volume corrente de 6 ml/kg de peso predito e PEEP de 10 cmH₂O com a ventilação tradicional, volume corrente de 12 ml/kg de peso predito e PEEP zero, durante cirurgias eletivas abertas ou fechadas. Encontrou diferença em um dos marcadores inflamatórios, sendo maior em pacientes com a ventilação tradicional, evidenciando a importância da ventilação protetora (WOLTHUIS *et al*, 2008). Nas diretrizes brasileiras de ventilação mecânica, em 2013, foi recomendado, para pacientes durante procedimentos cirúrgicos, a utilização de volume correte de 6ml/kg de peso predito e PEEP entre 5-8cmH₂O.

Uma importante meta-análise (SERPA NETO *et al.*, 2012) avaliou os desfechos como mortalidade, incidência de atelectasiase lesão pulmonar e tempo de internação hospitalar. Foram analisados 20 artigos, com um total de 2822 pacientes em dois grupos: ventilação convencional (volume corrente médio de 10,65 ml.kg⁻¹ de peso predito) ou ventilação protetora (volume corrente médio de 6,45 ml.kg⁻¹ de peso predito), tanto em unidades de terapia intensiva quanto em procedimentos cirúrgicos. Como conclusão, baixos volumes correntes mostraram melhores desfechos, diminuindo mortalidade, atelectasias, lesão pulmonar e tempo de internação hospitalar.

FUTIER *et al.* (2013) compararam dois grupos, um com ventilação tradicional, não protetora, com volume corrente entre 10 e 12 ml/Kg, sem PEEP e sem manobras de recrutamento e o outro grupo com volume corrente de 6 a 8ml/kg, PEEP entre 6 e 8 cmH₂O e manobra de recrutamento a cada 30 minutos de cirurgia. Eles encontraram menor número de complicações pós-operatórias e menor tempo de internação nos pacientes com estratégia protetora. SEVERGNINI *et al.* (2013), também encontraram resultados favoráveis a ventilação protetora, com melhor função respiratórias sem afetar o tempo de internação hospitalar. Eles estudaram pacientes durante cirurgia abdominal aberta em dois grupos: ventilação convencional com PEEP zero e ventilação protetora com PEEP de 10 cmH₂O.

LADHA *et al.* (2015) mostraram, em um estudo com 69265 participantes submetidos à procedimentos cirúrgicos, exceto cardíacos e torácicos, que valores de pressão de platô abaixo de 16cmH₂O e PEEP de 5cmH₂O, reduziram o risco de complicações pós-operatórias. Em 2015 outro importante estudo (SERPA NETO *et al.*, 2015) analisou 15 artigos, com um total de 2127 pacientes durante cirurgias torácica, abdominal, geral, coluna vertebral e cardíaca e observou a incidência de complicações pulmonares pós-operatórias em pacientes ventilados de forma protetora ou convencional. O resultado não foi diferente dos outros estudos prévios, mostrando vantagens da ventilação protetora.

LAFHEY *et al.* (2016) no estudo LUNG SAFE, fizeram um estudo observacional e multicêntrico em 50 países, com 2377 pacientes com síndrome da angústia respiratória aguda (ARDS). Como conclusão viram que PEEP baixa e altos valores de pressão de pico, platô, frequência respiratória e *driving pressure* associaram-se a maior taxa de mortalidade intrahospitalar.

Como em doenças pulmonares existe uma heterogeneidade nas áreas ventiladas do pulmão e uma diminuição da complacência do sistema respiratório, o volume corrente fornecido ao paciente em ventilação mecânica não garante que todas as áreas estejam ventiladas de forma homogênea, gerando áreas de muita tensão e outras colapsadas (GATINNONNI, PESENTI, 2005). De forma similar, ocorre em pacientes com pulmões saudáveis porém com alteração mecânica do sistema respiratório, que é o caso de cirurgias acompanhadas do PNP, áreas colapsadas e áreas normalmente ventiladas. A partir dessa constatação, observou-se a necessidade de uma estratégia individualizada para melhor ventilar sem causar danos aos pulmões.

Para o sucesso da ventilação, reduzindo a mortalidade e o tempo de internação hospitalar, a titulação da PEEP é um importante ajuste. Muitos trabalhos vêm mostrando a grande importância dela na ventilação, associada ou não a manobra de recrutamento alveolar (ASHBAUGH *et al.*, 1967, MCINTYRE *et al.*, 1969, TOKIC *et al.*, 1987, MARACAJÁ-NETO *et al.*, 2009, FUTIER, 2013, LORING *et al.*, 2014). Porém o ajuste do valor ideal ainda é um grande desafio.

FUTIER *et al.* (2010) mostraram a importância da utilização da PEEP em um trabalho realizado com pacientes obesos e não obesos, em posição beachchair durante

cirurgia laparoscópica. Fez as medidas do volume pulmonar ao final da expiração (EELV), pressões de platô e pico e elastância do sistema respiratório primeiro em ZEEP, depois após o PNP ainda em ZEEP, em seguida com PEEP de 10 cmH₂O e finalmente ainda em PEEP com manobras de recrutamento (MR). O resultado encontrado foi um aumento da EELV tanto em PEEP sozinha quanto PEEP+MR, melhora da elastância do sistema (com melhor resultado em PEEP+MR) e melhora da oxigenação quando a MR estava associada. Esse trabalho mostrou que o uso da PEEP em comparação a ZEEP, tem efeitos benéficos e que, quando associada a MR, melhora ainda mais esses efeitos, prevenindo o colapso alveolar em regiões justa diafragmáticas e impedindo a lesão por abertura e fechamento cíclico dos alvéolos.

CINNELLA *et al.*(2013), estudaram os efeitos da estratégia de recrutamento em pacientes durante procedimento de laparoscopia (ventilação com pressão controlada,PCV, inicialmente com pressão de pico a 20 cmH₂O, tempo inspiratório aumentado em 50%, PEEP aumentada progressivamente até atingir pressão de pico de 30, 35 e 40 a cada 3 ciclos respiratórios e finalmente uma pressão de 40cmH₂O durante 6 ciclos) e verificaram que houve redução das elastâncias de parede e pulmão, comparados a medidas feitas antes do recrutamento, em posição Trendelenburg e com PNP.

CARVALHO *et al.*(2006) ventilaram 8 suínos com pulmões saudáveis com volume corrente constante e realizaram a titulação da PEEP pela mínima elastância de forma decrescente, partindo de 16cmH₂O até ZEEP, sem manobra de recrutamento prévia. A partir daí analisaram imagens de tomografia computadorizada e medidas de elastância. Encontraram uma relação entre a PEEP de mínima elastância e a predominância de áreas normalmente aeradas, minimizando as hiperinsufladas e as de abertura e fechamento cíclicos. Confirmando isso, mostrou também que a PEEP elevada reduziu as áreas de abertura e fechamento cíclicos porem aumentou areas hiperinsufladas e reduziu as normalmente aeradas.

Em 2007, em um estudo com suínos em posição supino onde induziram lesão pulmonar aguda(ALI) até uma PaO₂ menor que 30 cmH₂O, utilizou a titulação decrescente da PEEP (iniciado em 26 cmH₂O até a ZEEP, com intervalos de 3 minutos em cada degrau: 20, 16, 12, 8, 6) associada a um volume corrente de 6 ml/Kg de massa

corporal. A partir da tomografia computadorizada analisaram áreas hiperinsufladas, normalmente ventiladas, pouco ventiladas e não ventiladas durante a pausa inspiratória e expiratória. Quando fizeram a redução da PEEP de 26cmH₂O até a PEEP de mínima elastância, encontraram uma melhor relação entre áreas recrutadas e de-recrutadas e áreas hiperinsufladas ao contrário do achado quando chegava a uma PEEP zero (ZEEP), onde aumentava as áreas não ventiladas e diminuía as normalmente ventiladas e hiperinsufladas. A resistência do sistema respiratório também apresentou aumento quando a PEEP estava abaixo da PEEP de mínima elastância (CARVALHO *et al.*, 2007).

Um outro estudo com suínos, realizado em 2008, fez medidas de mecânica e análise de imagens de tomografia computadorizada em pulmões saudáveis e também após a indução da lesão pulmonar com a retirada do surfactante ou introdução de ácido oleico. Ventilando os animais de forma protetora, encontraram uma relação entre a PEEP de mínima elastância e áreas normalmente aeradas. Logo titular dessa forma, parece ser uma boa estratégia (CARVALHO *et al.*, 2008).

Recentemente, em 2018, SOARES *et al.*, um estudo com 24 ratos, anestesiados e com bloqueio neuromuscular, foram ventilados mecanicamente com 6ml.kg⁻¹ e realizadas medidas de mecânica respiratória. Cada animal permaneceu com ZEEP, PEEP de mínima elastância, 2cmH₂O acima da PEEP de mínima elastância e 4 cmH₂O acima dessa mesma PEEP, por 1 hora. A partir do índice de hiperdistensão ou recrutamento cíclico, o%E2, observaram a melhor relação de áreas hiperinsufladas e áreas de recrutamento cíclico quando se ventilou com a PEEP de mínima elastância e viram que qualquer valor acima dessa PEEP aumentou as áreas hiperinsufladas.

3.4 Driving Pressure

Definida como a pressão necessária para atingir um determinado volume corrente de acordo com a complacência do sistema respiratório, a *driving pressure* é um parâmetro que vem mostrando grande importância para a titulação da ventilação mecânica adequada, e que pode ser medida a beira do leito e sem medidas invasivas, é a

airwaysdrivingpressure ou pressão motriz de vias aéreas (dP), calculada de forma fácil e rápida pela diferença entre a pressão de platô e a PEEP (dP,stat) (Equação 1) ou pela diferença entre pressão de pico e PEEP (dP, dyn) (Equação 2).

A dP tem sido a variável com maior correlação com a mortalidade (valores acima de 14cmH₂O), mesmo em paciente ventilados com volumes correntes e pressões de platô baixos, como sugere a ventilação protetora. Ela se sobressai à medida de complacência por não precisar de valores de volume corrente, que são mensurados a partir da integração do sinal de vazão, que pode apresentar erro, diferente de uma medida direta de pressão. Além disso, por normalizar o valor do volume corrente, independe do tamanho do pulmão ventilado, podendo seus resultados com pulmões doentes ser extrapolado para pulmões saudáveis.

AMATO *et al.* (2015), em um estudo retrospectivo com 3562 pacientes com ARDS, encontraram uma relação direta entre *drivingpressure* e mortalidade, ou seja, quando havia um aumento de uma das variáveis a outra aumentava também e o oposto também acontecia. A associação de PEEP alta só mostrou efeito positivo quando associada a uma baixa dP, e o efeito da Pressão de Platô só aumentou a mortalidade quando associada a um aumento da *drivingpressure*. Guérin *et al.*, em 2016 avaliaram 787 pacientes com ARDS e concluíram que a *drivingpressure* apresentou correlação com risco de mortalidade de forma similar à pressão de platô ou à complacência do sistema respiratório.

Uma meta análise, com um total de 2550 pacientes sob anestesia geral durante cirurgias de laparotomia ou laparoscopia, avaliou as complicações pulmonares após os procedimentos e confirmou o que outros estudos apontam, onde a *drivingpressure* elevada está associada a essas complicações (SERPA-NETO *et al.*, 2016).

Chiumello *et al.* (2016) em um estudo com 150 pacientes com ARDS divididos em grupos onde apresentavam *drivingpressure* menor que 15cmH₂O e outro grupo com *drivingpressure* maior ou igual a 15 cmH₂O, ventilados em modo controlado por volume (VCV) a 6-8 ml/kg, com dois níveis de PEEP (5 e 15 cmH₂O) onde mediu fluxo, pressão de vias aéreas e pressão esofágica. No grupo que tinha a DP maior ou igual a 15 cmH₂O, com PEEP de 5 cmH₂O, apresentou maior *lung stress*, maior elastância de sistema respiratório e de pulmão e maior índice de mortalidade. Além

disso, comparado ao grupo com menor DP, apresentou menor volume pulmonar e maior valor da DP transpulmonar. No grupo com DP maior ou igual a 15cmH₂O e com PEEP de 15 cmH₂O, houve também maior *lung stress*, elastância de pulmão e parede e DP transpulmonar. Como conclusão, viram que a *drivingpressure* de vias aéreas é capaz de detectar possível presença de *lung stress*, apesar de suas limitações.

Em 2018 um estudo avaliou os efeitos a longo prazo de 22 pacientes com ARDS moderada a grave. Analisaram imagens de tomografia computadorizada, um marcador de fibrose tecidual e escala de avaliação de qualidade de vida (SF-36) e correlacionaram com a *drivingpressure*, após 1 mês e 6 meses do quadro de ARDS. Encontraram relação entre *drivingpressure* elevada (≥ 13 cmH₂O) e aumento da fibrose tecidual, que levou a uma redução da capacidade vital forçada, aumento da densidade tecidual na tomografia computadorizada (redução de volume corrente) e também com a redução da qualidade de saúde de forma geral (TOUFEN JUNIOR *et al.*, 2018).

4 Materiais e Métodos

4.1 Aspectos éticos

A presente pesquisa está cadastrada na Plataforma Brasil (parecer: 839.396) e foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Naval Marcílio Dias (Anexo A). O protocolo experimental foi realizado no Hospital Naval Marcílio Dias, na cidade do Rio de Janeiro, que disponibilizou toda a estrutura de equipamentos para a realização do trabalho. Todos os vinte e cinco pacientes incluídos na pesquisa assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE, Apêndice A) após esclarecimentos dos procedimentos e do sigilo de suas informações, assinando o documento caso concordassem com as cláusulas. Todos os dados e sinais foram coletados anteriormente e fizeram parte de uma tese de doutorado realizada no laboratório de engenharia pulmonar, PEB/COPPE-UFRJ(CARVALHO, 2016).

4.2 Voluntários

Os pacientes incluídos na pesquisa estavam na faixa etária entre 18 e 60 anos, com indicação para cirurgia abdominal por laparoscopia e que estivessem dentro da classificação 1 e 2 de estado físico pela American Society of Anesthesiologists (ASA) (AnexoB).

Pacientes com história clínica de doença pulmonar obstrutiva crônica ou obesidade nos graus 2 e 3 foram excluídos da pesquisa, por apresentarem características mecânicas do sistema respiratório que levariam a possível viés na pesquisa. Não foram avaliadas possíveis alergias aos fármacos antes da sua utilização, porém nenhum paciente apresentou reação alérgica após indução anestésica.

4.3 Protocolo experimental

4.3.1 Protocolo Experimental

Inicialmente, após sedação com propofol, remifentanil e midazolane bolus de rocurônio para o bloqueio neuromuscular, conforme protocolo hospitalar, e IOT (intubação oro-traqueal), os pacientes foram ventilados em decúbito dorsal, com um ventilador mecânico Evita Infinity® V500, da Dräger Medical (Lübeck, Germany), utilizando como parâmetros iniciais modo PCV, pressão inspiratória (P_{insp}) de 10 cmH₂O, frequência respiratória (FR) de 10 irpm, tempo inspiratório (Ti) de 3 segundos, razão entre inspiração e expiração (I:E) de 1:1, PEEP de 8 cmH₂O, FiO₂ de 100%. Neste modo, foram feitas duas manobras para obter a curva pressão-volume e também foi realizada a manobra de recrutamento inicial. Essa manobra consistiu em elevar a PEEP de 8cmH₂O até 15cmH₂O por 30 segundos. Logo depois, elevou-se a PEEP para 20cmH₂O, permanecendo por mais 30 segundos nessa pressão.

Em seguida, colocou-se o paciente ventilando em modo com volume controlado (VCV), com os seguintes parâmetros: volume corrente (V_t) de 6 ml.kg⁻¹ de peso predito, FR de 15 irpm, I:E de 1:1, FiO₂ de 100% e PEEP inicial de 20cmH₂O. Desse ponto iniciou-se a titulação decrescente da PEEP. Em passos de 2cmH₂O, com duração de 30 segundos em cada degrau, até atingir a PEEP de 6cmH₂O. As medidas de elastância foram verificadas em cada degrau para encontrar a PEEP relacionada ao ponto ótimo do componente elástico da mecânica do sistema respiratório.

Logo após o último degrau de PEEP, em 6 cmH₂O, elevou-se para 20cmH₂O por 30 segundos para a manobra de recrutamento final, visando tornar o pulmão mais homogêneo, recrutando possíveis áreas atelectasiadas durante a titulação (Figura 1).

Em seguida, foi feito o PNP, que consiste na insuflação do abdômen até uma pressão de 12mmHg (16 cmH₂O), para que ocorra uma melhor visualização das vísceras abdominais. Paciente foi posicionado em decúbito levemente lateralizado a esquerda e em anti-Trendelenburg, permanecendo assim até o final da coleta dos dados. Todas as

manobras descritas anteriormente foram repetidas após a insuflação do abdômen, com os mesmos parâmetros ventilatórios.

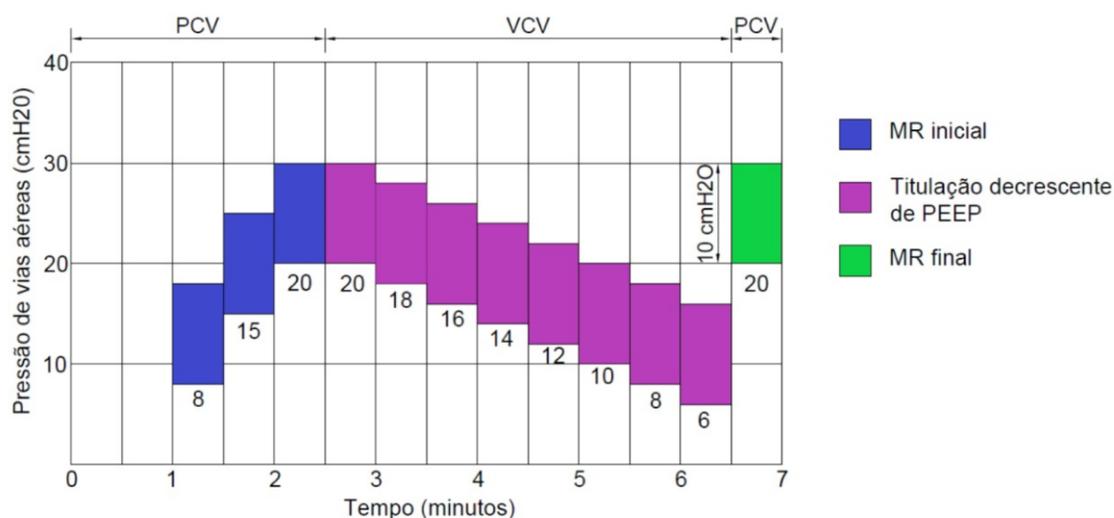


Figura 1- Figura esquemática de trecho utilizado do protocolo experimental, feito antes e após o pneumoperitônio (PNP). MR inicial – manobra de recrutamento inicial; MR final – manobra de recrutamento final; PCV – ventilação controlada a pressão; VCV – ventilação controlada a volume.

4.3.2 Aquisição dos sinais

Para a coleta dos sinais de fluxo (\dot{V}) e pressão (P) do ventilador mecânico, utilizou-se uma interface desenvolvida em LabVIEW versão 8.2 (National Instruments, EUA). A frequência de amostragem (fs) utilizada foi de 100Hz. A calibração dos sensores de fluxo foi realizada antes do experimento (CARVALHO, 2016).

Durante todo o procedimento os sinais vitais de todos os pacientes foram monitorizados continuamente.

4.4 Processamento de sinais

Os sinais coletados do ventilador foram ajustados para o formato padrão do MATLAB (MathWorks, EUA). O processamento dos sinais foi realizado *offline* através

do software MECANICA (PINO *et al*, 2002), escrito em MATLAB, onde, a partir de um conjunto de funções, foi possível calcular componentes da mecânica respiratória. O cálculo do volume foi gerado a partir da integração numérica do sinal de fluxo. Com os sinais de pressão, fluxo e volume, foi possível o cálculo da estimativa da C_{rs} , MMQ e da resistência do sistema respiratório (R_{rs}) utilizando o método dos mínimos quadrados (MMQ), a partir do modelo matemático linear unicompartmental, que utiliza apenas os componentes resistivo e elástico, sem levar em consideração a inertância. Os valores de dP estática e dinâmica foram calculados subtraindo-se a PEEP da pressão de platô e pico, respectivamente (Equações 1 e 2). Com os valores de dP estática e dinâmica e volume, conseguimos chegar às complacências respectivas.

Os valores médios dos parâmetros foram calculados a partir dos 3 últimos ciclos de cada degrau de PEEP.

4.5 Análise Estatística

A análise estatística foi feita utilizando o programa R (Versão 1.1.456 – © 2009-2018 RStudio, Inc.) Média e desvio padrão foram calculadas para os resultados obtidos. Foram feitos testes de significância estatística utilizando o Anova e o teste t de student paramétrico para fazer múltiplas comparações das medidas de *driving pressures*, complacências e resistência, em todos os pontos. Correções foram feitas com o método de Holm-Bonferroni. Consideramos estatisticamente significativos valores de p menores que 0,05 ($p < 0,05$).

5 Resultados

Vinte e cinco pacientes participaram do estudo, de forma voluntária. Apenas um foi excluído devido a uma obstrução parcial do circuito do ventilador. Não houve qualquer tipo de intercorrência durante a execução do protocolo em nenhuma cirurgia, que durou em média 35,91 ($\pm 15,67$) minutos. Todos os pacientes receberam alta no dia seguinte e retornaram para revisão após 10 dias, apresentando bom estado geral eupneicos, sem qualquer alteração do padrão ventilatório. Esses dados foram coletados dos prontuários.

O anexo B mostra as características dos indivíduos participantes.

5.1 *Driving Pressure* antes e após pneumoperitônio

As medidas de *driving pressure* estática e dinâmica encontradas foram diferentes estatisticamente, independente do degrau de PEEP. Além disso, houve um aumento após o pneumoperitônio (Tabela 1e2).

Degrau de PEEP (cmH ₂ O)	dP dinâmica (cmH ₂ O)	dP estática (cmH ₂ O)
20	12,9 ($\pm 1,0$)	6,7 ($\pm 0,8$)
18	12,2 ($\pm 0,9$)	6,1 ($\pm 0,7$)
16	11,7 ($\pm 0,9$)	5,6 ($\pm 0,6$)
14	11,4 ($\pm 0,9$)	5,3 ($\pm 0,6$)
12	11,3 ($\pm 0,9$)	5,2 ($\pm 0,6$)
10	11,3 ($\pm 1,0$)	5,1 ($\pm 0,7$)
8	11,3 ($\pm 1,0$)	5,1 ($\pm 0,7$)
6	11,6 ($\pm 1,2$)	5,3 ($\pm 0,8$)

Degrau de PEEP (cmH₂O)	dP dinâmica (cmH₂O)	dP estática (cmH₂O)
20	14,0 (±1,2)	7,6 (±1,4)
18	13,4 (±1,1)	7,2(±1,2)
16	13,2 (±1,2)	7,0 (±1,2)
14	13,1 (± 1,2)	6,9(±1,0)
12	13,2 (±1,3)	7,0(±1,1)
10	13,5 (±1,4)	7,2(±1,2)
8	13,9 (±1,5)	7,5(±1,1)
6	13,8 (±3,3)	7,7(±2,0)

5.2 PEEP titulada pela mínima *DrivingPressure* estática e dinâmica

Quando feitas as comparações das PEEP de mínima *drivingpressure* estática e dinâmica antes do PNP, não encontramos diferença estatística entre suas médias. Após o PNP, também não encontramos diferença entre as medias das PEEPs de mínima dPestática e dinâmica. Na Tabela 3 podemos observar os valores muito próximos das medidas estática e dinâmica, principalmente após o PNP. As Figuras2, 3 e 4 ilustram esse resultado.

PEEPdp	Pré PNP	Pós PNP
Dinâmica	11,1 (±2,7)	14,4 (±1,8)
Estática	10,8(±1,7)	14,2 (±1,8)

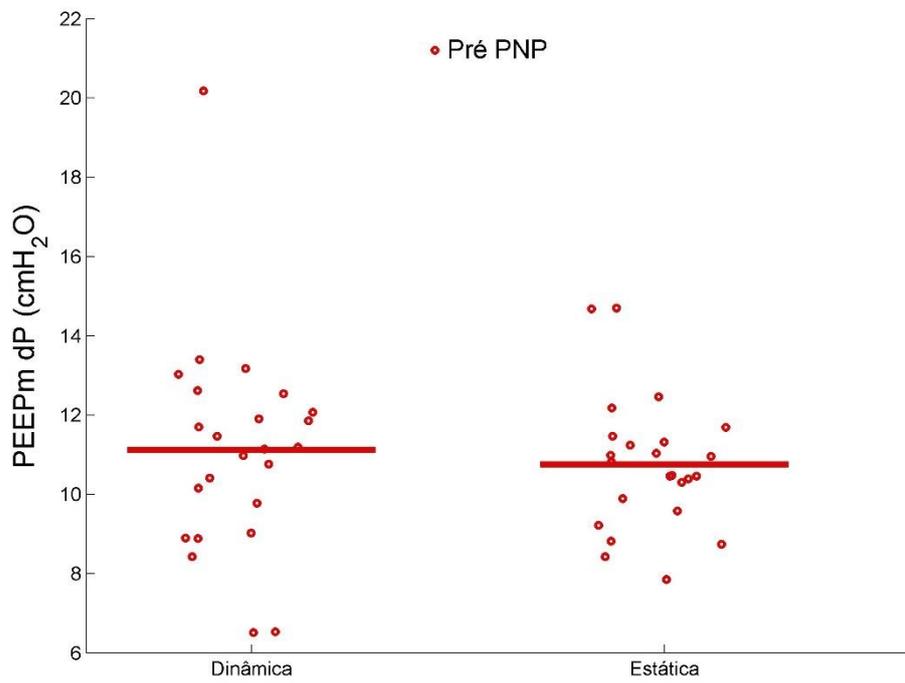


Figura 2- PEEP de mínima driving pressure estática e dinâmica antes do pneumoperitônio (PNP).

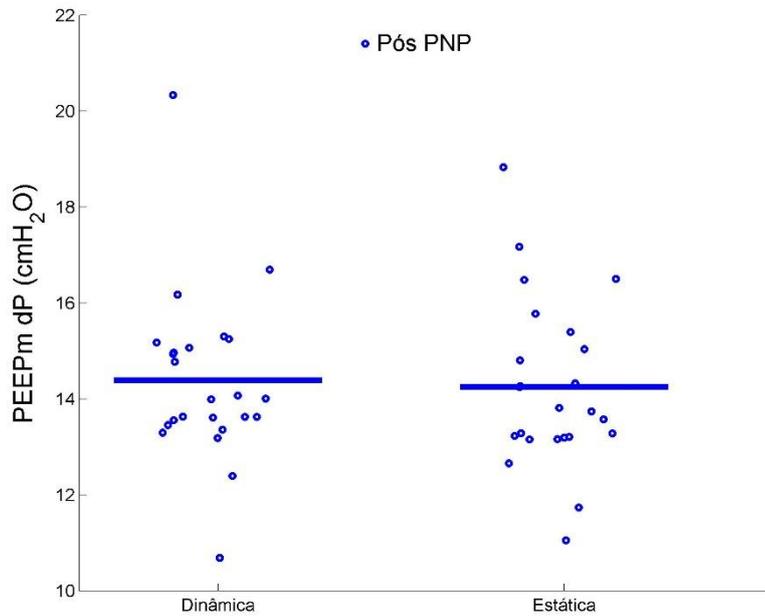


Figura 3- PEEP de mínima driving pressure estática e dinâmica após o pneumoperitônio (PNP).

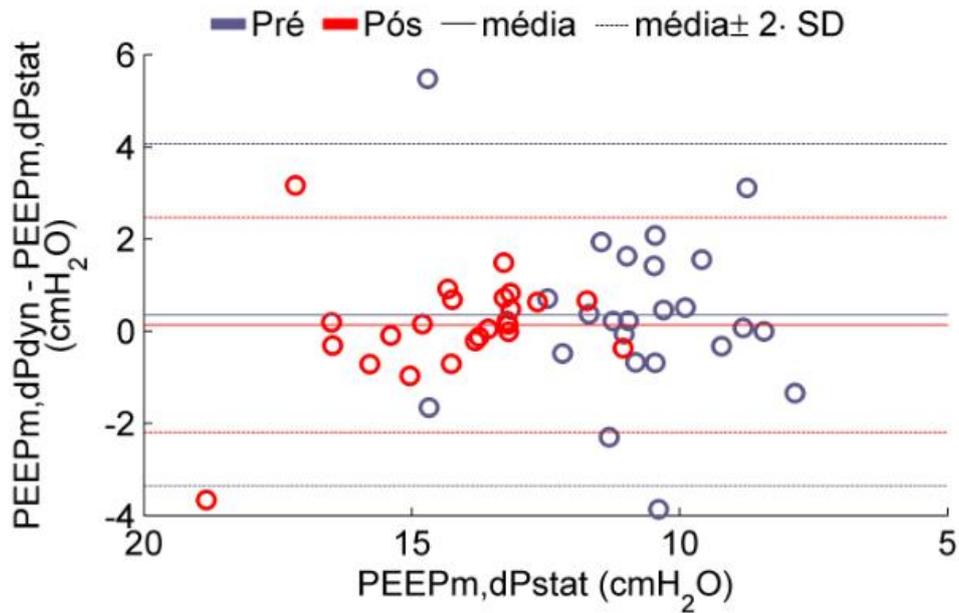


Figura 4- Bland-Altman das PEEPs estática e dinâmica, medidas antes e após opneumoperitônio (PNP).

5.3 Complacências

Cálculos de complacências estática, dinâmica e estimada pelo método dos mínimos quadrados foram feitos durante a titulação, em cada degrau de PEEP. A partir dos dados das Tabelas 4 e 5, podemos observar uma queda na complacência após o PNP, independentemente do método de cálculo da complacência.

Tabela 4 – Complacências antes do PNP								
PEEP	20	18	16	14	12	10	8	6
Crs, stat(l/cmH₂O)	49,0 (±6,9)	54,2 (±7,7)	58,8 (±8,6)	62,4 (±9,5)	64,7 (±10,4)	65,3 (±11,7)	65,4 (±11,9)	63,5 (±12,6)
Crs, dyn(l/cmH₂O)	25,7 (±4,6)	27,1 (±5,0)	28,4 (±5,4)	29,2 (±5,6)	29,7 (±5,9)	29,8 (±6,0)	29,7 (±6,0)	29,1 (±6,0)
Crs, MMQ (l/cmH₂O)	50,4 (±8,2)	57,0 (±9,4)	63,3 (±11,2)	68,6 (±12,8)	72,1 (±14,4)	73,4 (±15,5)	73,6 (±15,9)	71,2 (±16,6)

Tabela 5 – Complacências após o PNP									
PEEP	20	18	16	14	12	10	8	6	
Crs, stat(l/cmH₂O)	44,4 (±6,1)	46,6 (±6,3)	48,0(±6,8)	48,7(±7,2)	48,0(±7,1)	46,8 (±7,2)	44,5 (±7,0)	41,2 (±7,0)	
Crs, dyn(l/cmH₂O)	23,8(±4,3)	24,7(±4,4)	25,1 (±4,5)	25,3 (±4,8)	25,2(±4,6)	24,8 (±4,6)	24,1 (±4,4)	22,8 (±4,1)	
Crs, MMQ(l/cmH₂O)	44,0(±6,6)	46,6(±7,0)	48,5 (±7,9)	49,3 (±8,4)	48,6(±8,3)	47,3 (±8,1)	44,9 (±7,9)	41,5 (±7,5)	

5.4 PEEP titulada pela máxima complacência

Ao compararmos as PEEPs tituladas pela máxima complacência antes do PNP, não encontramos diferença significativa. Após o PNP, também não houve diferença entre as PEEPs (Figura 5, 6, 7 e 8).

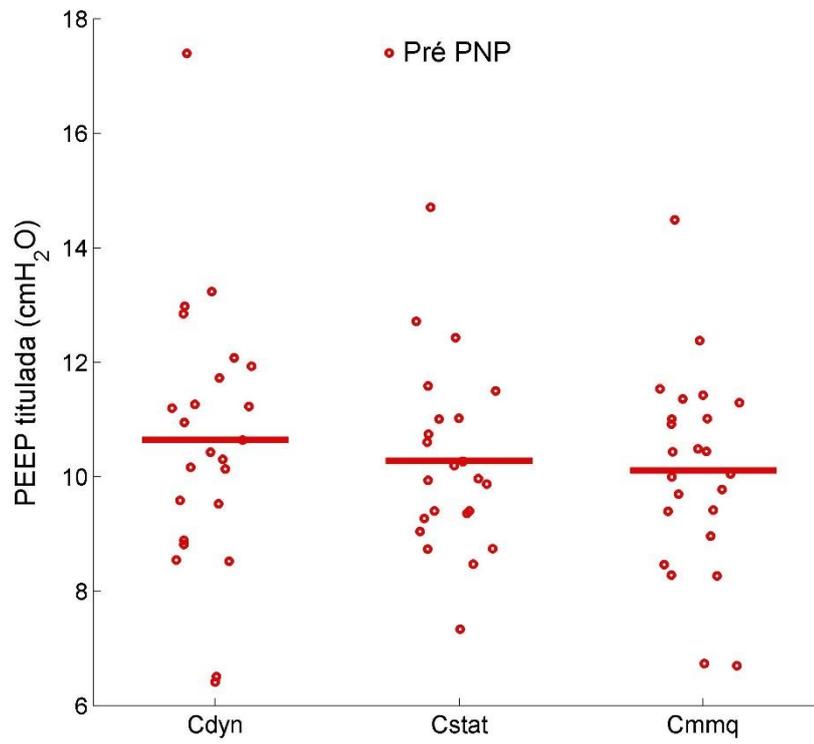


Figura 5 - PEEP titulada pela máxima complacência dinâmica (Cdyn), estática (Cstat) e estimada pelo MMQ (Cmmq) antes do pneumoperitônio (PNP).

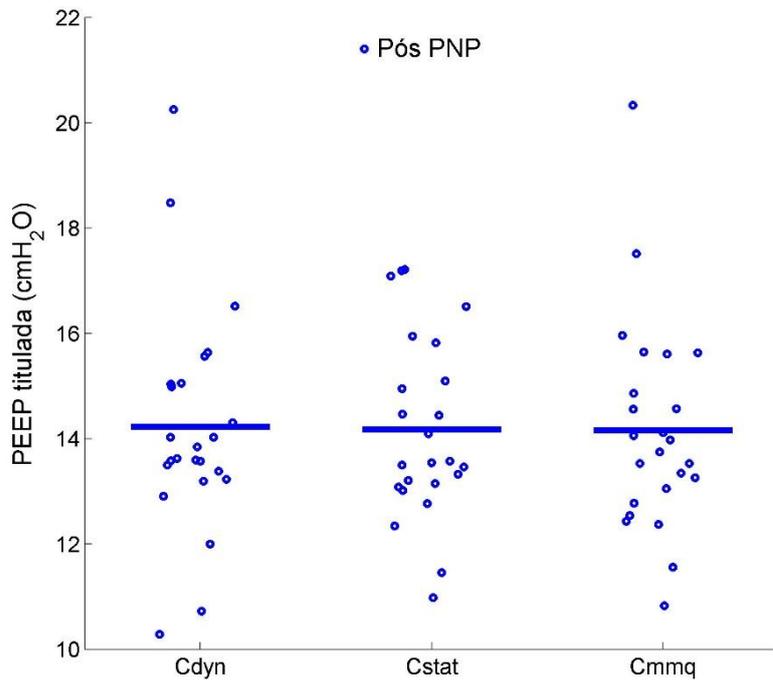


Figura 6 - PEEP titulada pela máxima complacência dinâmica (Cdyn), estática (Cstat) e estimada pelo MMQ (Cmmq) após o pneumoperitônio (PNP).

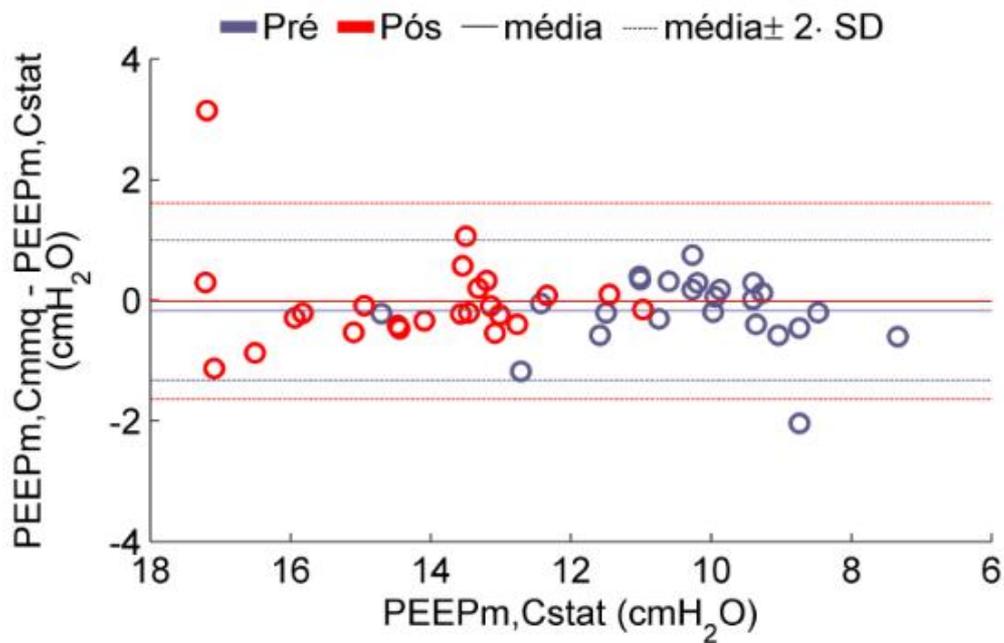


Figura 7- Bland-Altman comparando PEEP titulada pela máxima complacência pelo método dos mínimos quadrados e pela complacência estática.

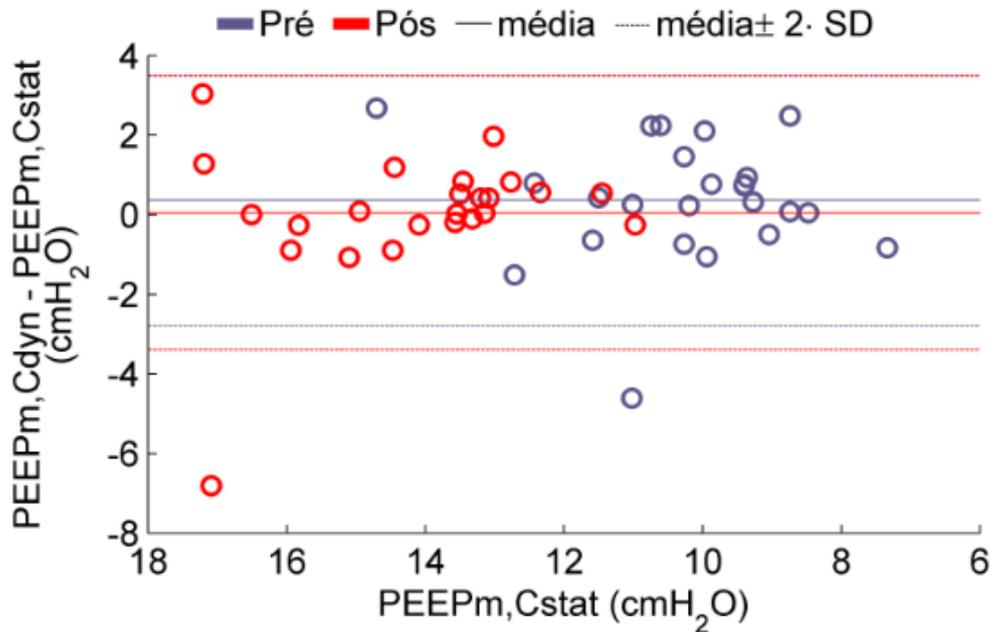


Figura 8 - Bland-Altman comparando PEEP titulada pela máxima complacência dinâmica e complacência estática.

5.5 PEEP titulada pela mínima *drivingpressure* comparada com a de máxima complacência

Comparando as PEEP tituladas pela mínima *drivingpressure* e a de máxima complacência, não apresentaram diferença estatística, exceto quando comparamos a medida pela *drivingpressure* dinâmica com a da complacência estimada pelo MMQ ($p=0,0096$), no pré PNP (Tabelas 6 e 7). As figuras 9 a 13 mostram essas relações de complacências e dP em cada degrau de PEEP.

Tabela 6- PEEP titulada antes do PNP

Método	PEEP média titulada (cmH₂O)
<i>DrivingPressure</i> estática	10,8(±1,7)
<i>DrivingPressure</i> dinâmica	11,1 (±2,7)
Complacência estática	10,3 (±1,6)
Complacência dinâmica	10,6 (±2,3)
Complacência estimada pelo MMQ	10,1 (±1,7)

Tabela 7- PEEP titulada após o PNP

Método	PEEP média titulada (cmH₂O)
<i>DrivingPressure</i> estática	14,2 (±1,8)
<i>DrivingPressure</i> dinâmica	14,4 (±1,8)
Complacência estática	14,2 (± 1,7)
Complacência dinâmica	14,2 (± 2,1)
Complacência estimada pelo MMQ	14,1 (±2,0)

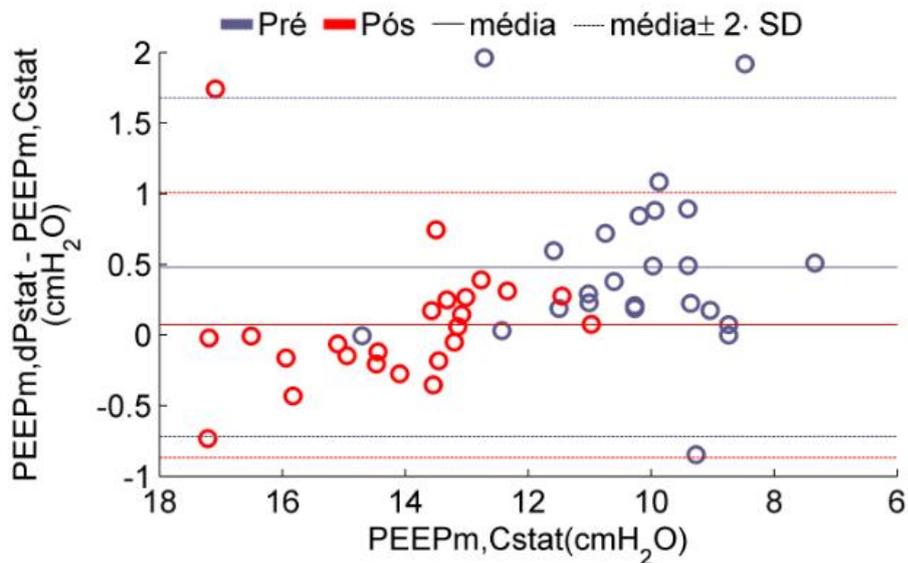


Figura 9–Bland-Altman comparando PEEP titulada pela máxima complacência estática e mínima driving pressure estática.

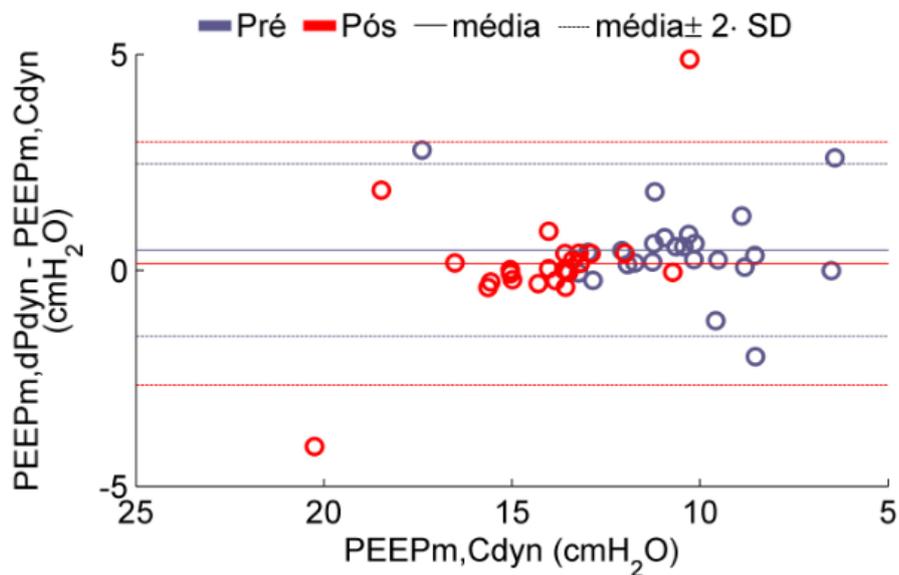


Figura 10 - Bland-Altman comparando PEEP titulada pela máxima complacência dinâmica e mínima driving pressure dinâmica.

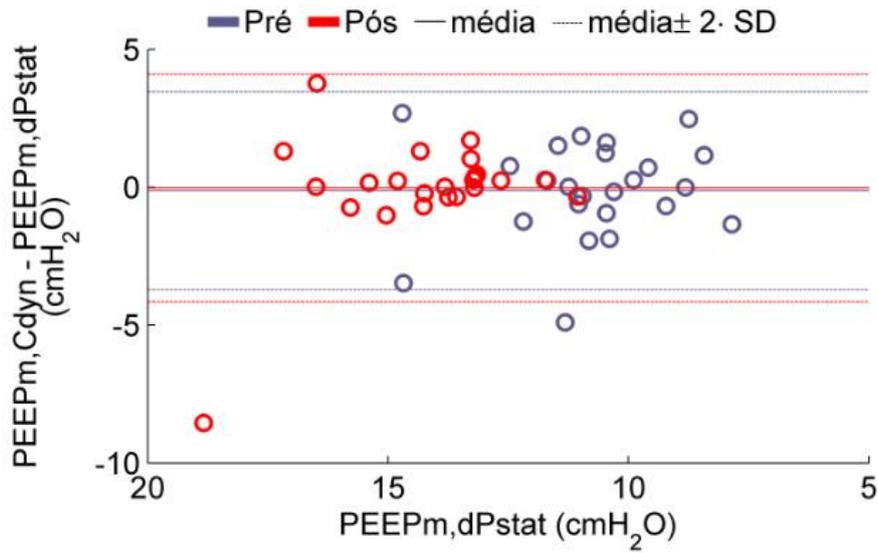


Figura 11 Bland-Altman comparando PEEP titulada pela máxima complacência dinâmica e mínima driving pressure estática.

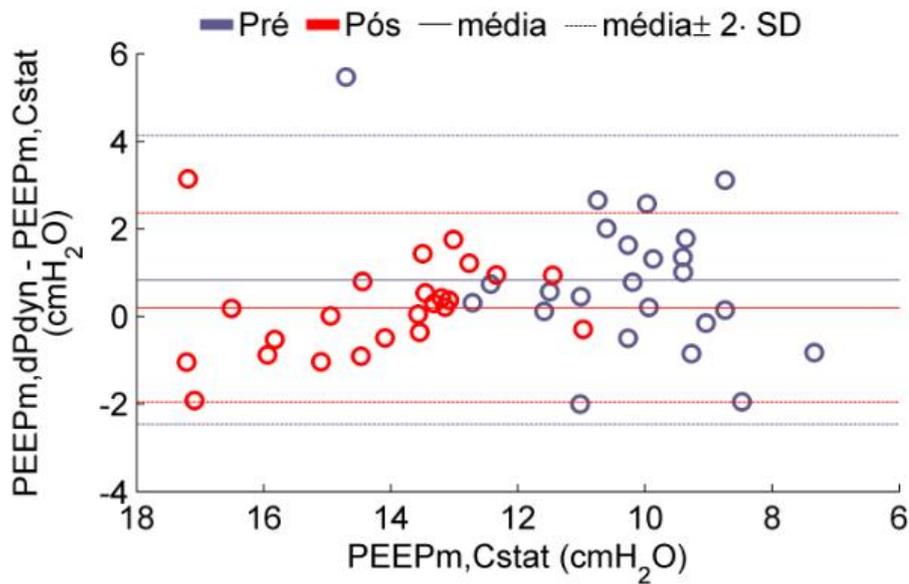


Figura 12 -Bland-Altman comparando PEEP titulada pela máxima complacência estática e mínima driving pressure dinâmica.

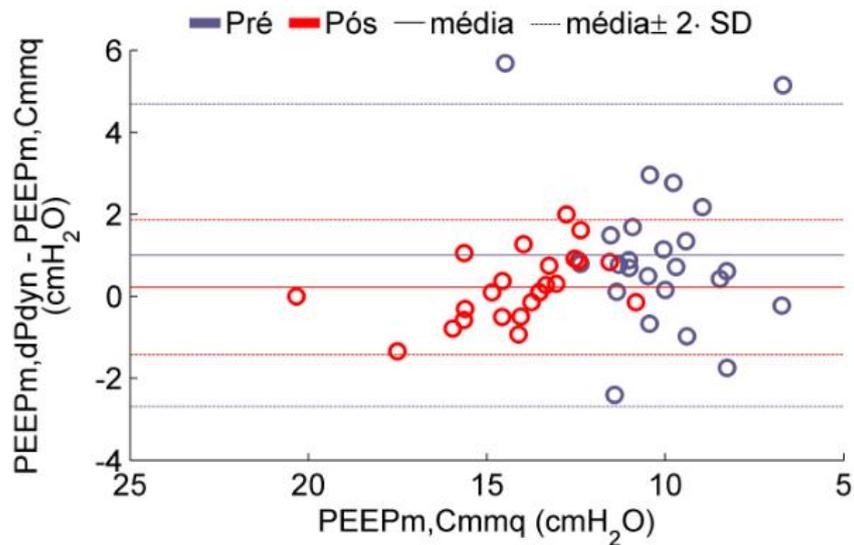


Figura 13 - Bland-Altman comparando PEEP titulada pela máxima complacência estimada pelo método dos mínimos quadrados e mínima driving pressure dinâmica

5.6 Resistência

Ocorreu um aumento da resistência após a insuflação do abdômen, em todos os degraus de PEEP. Esse aumento é sempre maior quanto menor a PEEP, ou seja, no início da titulação, em PEEP 20cmH₂O, a pressão alveolar é maior, o que mantém as vias aéreas mais abertas, reduzindo a pressão resistiva nos pulmões.

Podemos observar nas figuras 14 e 15 o formato de curva da complacência e resistência, onde os pontos máximo e mínimo, respectivamente, encontram-se em um valor de PEEP muito próxima, com um fator de correlação de Pearson $r = 0,42$ ($p=0,04$) (Figura 16).

Após o PNP, essa correlação fica ainda maior, podendo ser visto nas figuras 17, 18 e 19, resultando em $r = 0,63$ ($p=0,001$).

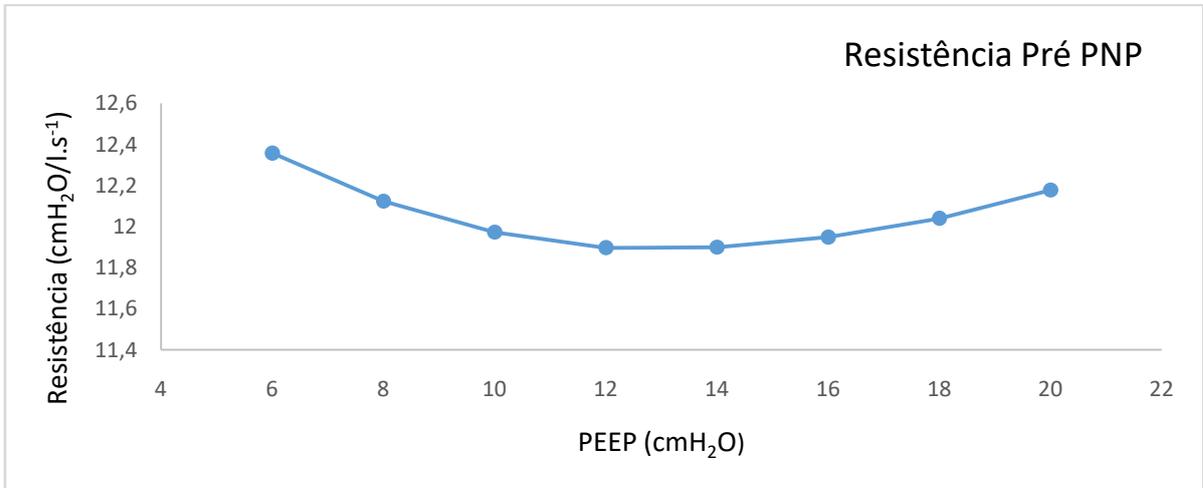


Figura 14 - Resistência antes do pneumoperitônio (PNP) em cada degrau de PEEP

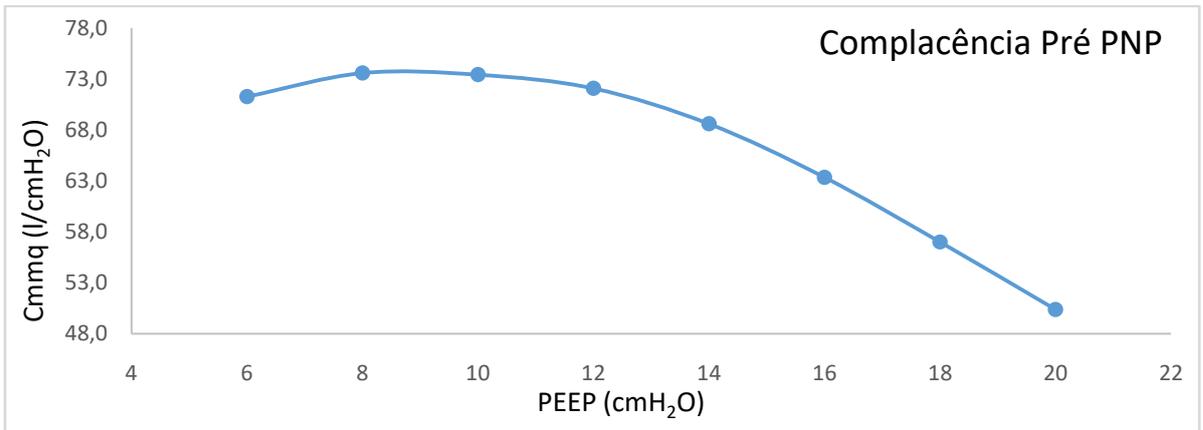


Figura 15 – Complacência estimada pelo MMQ antes do pneumoperitônio (PNP) em cada degrau de PEEP

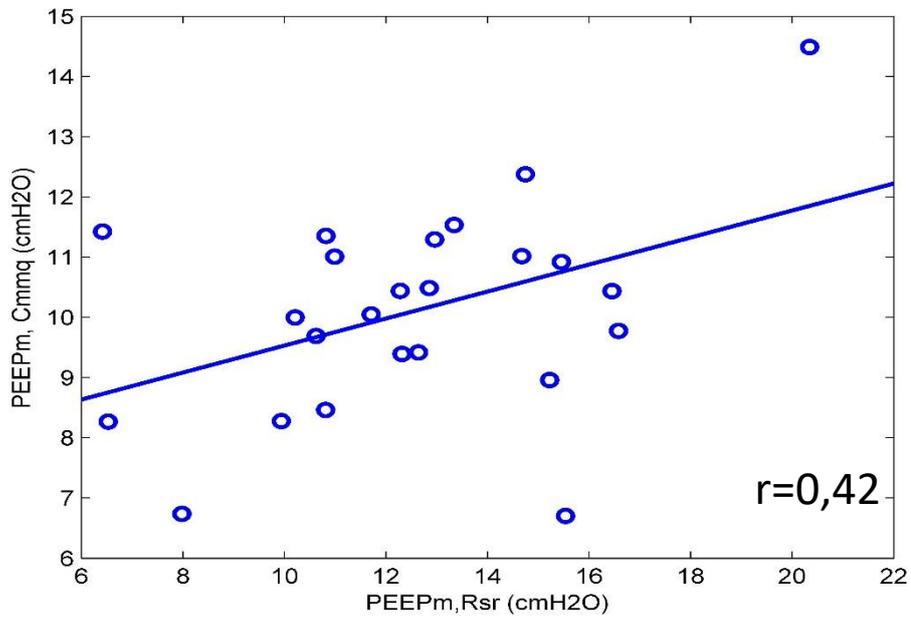


Figura 16 - Gráfico de correlação linear entre a PEEP de mínima resistência e a de máxima complacência, antes do pneumoperitônio (PNP).

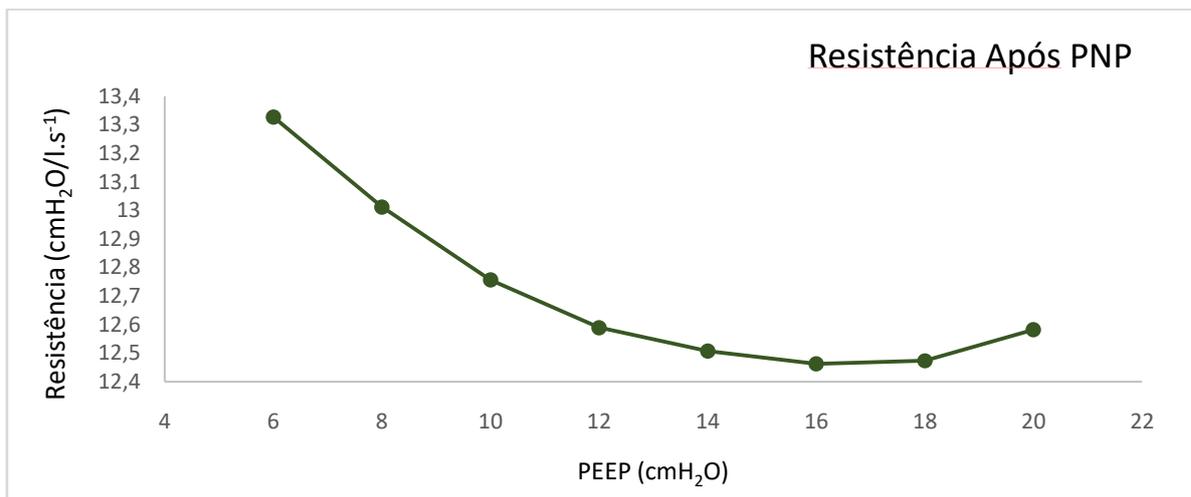


Figura 17- Resistência após o pneumoperitônio (PNP) em cada degrau de PEEP

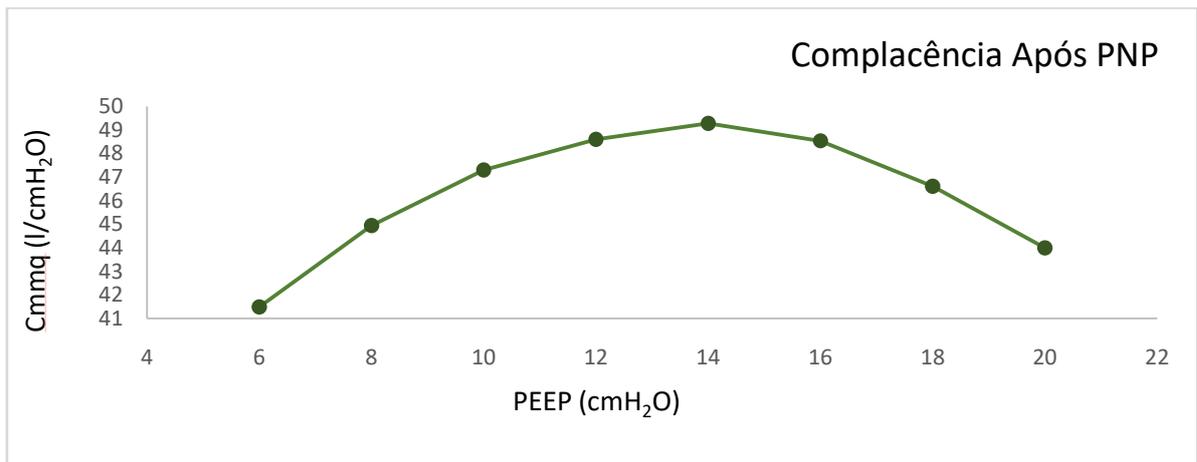


Figura 18- Complacência após o pneumoperitônio (PNP) em cada degrau de PEEP

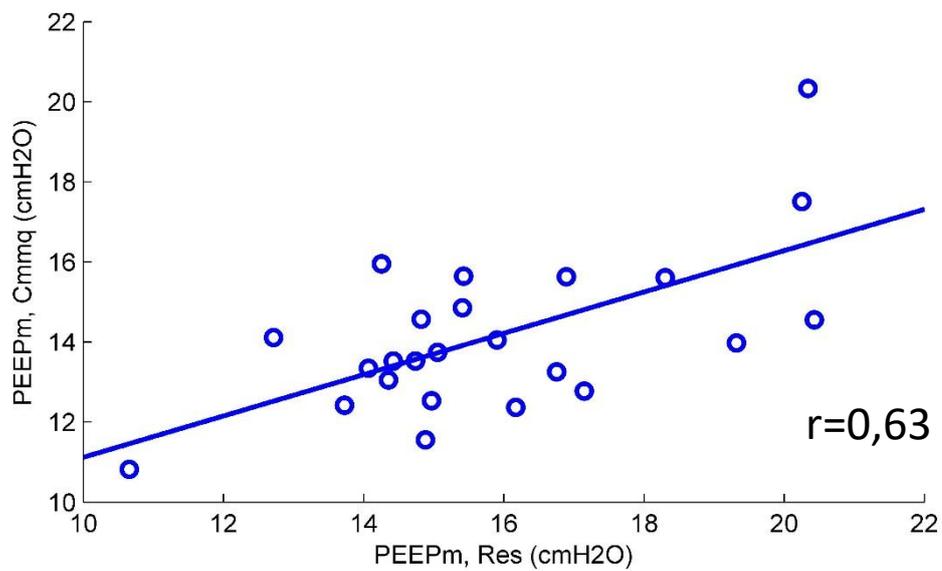


Figura 19 - Gráfico de correlação linear entre a PEEP de mínima resistência e a de máxima complacência, após o pneumoperitônio (PNP).

6 Discussão

De acordo com nosso estudo, os principais resultados encontrados foram:

1) PEEP parece poder ser titulada considerando a mínima *drivingpressure* em cirurgias vídeo laparoscópicas pois não apresentou diferença estatística em comparação ao método de titulação pela máxima complacência;

2) o componente resistivo parece não interferir nessa titulação, logo uma pausa inspiratória não seria necessária;

3) PEEP de mínima resistência não apresentou diferença estatisticamente significativa da PEEP de máxima complacência, antes e após o PNP;

4) PEEP titulada pela máxima complacência estática, dinâmica ou estimada pelo MMQ não apresentaram diferença quando comparadas entre si ou com as PEEPs tituladas pela *drivingpressures* estática e dinâmica, exceto entre dP dinâmica e Cmmq antes do PNP, que, apesar da diferença estatística, não apresentaram significância clínica.

Durante a cirurgia, os pacientes necessitam ser anestesiados, o que causa uma depressão do sistema nervoso central, que leva a uma diminuição da ação do diafragma, reduzindo a capacidade residual funcional. Essa redução leva o indivíduo a desenvolver atelectasias, principalmente em regiões dependentes. Além disso, os pacientes necessitam ser ventilados mecanicamente e com isso lesões pulmonares podem ocorrer como um efeito adverso. Sabemos que o PNP diminui a complacência do sistema respiratório durante as cirurgias laparoscópicas. A PEEP vem sendo usada há muitos anos visando reduzir lesões pulmonares (ASHBAUGH *et al.*, 1967, MCINTYRE *et al.*, 1969, TOKICS *et al.*, 1987, MARACAJÁ-NETO *et al.*, 2009, FUTIER, 2010, LORING *et al.*, 2014). Alguns estudos mostram que há uma melhora da mecânica com o aumento da complacência quando se associa a PEEP e que a escolha desse valor ainda é um desafio (MARACAJÁ-NETO *et al.*, 2009, FUTIER *et al.*, 2010). Um estudo clínico randomizado mostrou que não havia diferença em usar PEEP alta ou baixa em pacientes sem lesão pulmonar (ALGERA *et al.*, 2018). Por outro lado, um estudo prospectivo com pacientes com ARDS concluiu que PEEP baixa e outras variáveis como pressão de pico

e platô e *drivingpressure* elevadas aumentaram a mortalidade nas unidades de terapia intensiva (LAFFEY *et al.*, 2016). Recomendações de uma diretriz da *American Thoracic Society*, *European Society of Intensive Care Medicine* e *Society of Critical Care Medicine* sugere a utilização de PEEP altas em pacientes com ARDS moderada a grave (FAN *et al.*, 2017). Mas, como os pulmões não são homogêneos e possui diferentes regiões - normalmente aeradas, não aeradas e hiperinsufladas - a utilização de uma PEEP mal dimensionada pode levar a lesões, mantendo áreas atelectásicas e hiperinsufladas (CHIUMELLO *et al.*, 2016; GATTINONI, PESENTI, 2005; TERRAGINI *et al.*, 2007). Nesses casos, titular a PEEP é muito importante para que se encontre seu valor ótimo. Apesar disso, um estudo retrospectivo mostrou que grande parte dos médicos ainda utilizam um valor de PEEP padrão e ainda não realizam a titulação (LADHA *et al.*, 2015). A PEEP titulada pela máxima complacência vem sendo amplamente utilizada, mas ainda não é uma medida simples de calcular a beira do leito.

A *drivingpressure* vem mostrando ser um bom preditor de mortalidade para pacientes com lesão pulmonar. Alguns autores encontraram uma relação entre mortalidade e *drivingpressure*, onde o aumento dessa variável está associado ao aumento da mortalidade (AMATO *et al.*, 2015; GUÉRIN *et al.*, 2016). VILLAR *et al.*, em 2017, compararam pressão de platô e *drivingpressure* em pacientes com ARDS que foram ventilados de forma protetora. Eles encontraram uma boa correlação entre as altas pressões de platô e *drivingpressure* com a mortalidade. Uma meta análise observou que *drivingpressures* elevadas levam a maiores complicações pulmonares pós-operatórias (NETO *et al.*, 2016). Ela também é uma medida simples de calcular à beira do leito ($dP = \text{Pressão de platô} - \text{PEEP}$) e o tempo gasto para medir é viável na prática clínica.

Assim como alguns autores, encontramos aumento da resistência (5,4%) e redução das complacências estática, dinâmica e estimada pelo MMQ (23,8%, 14,3% e 30%, respectivamente) do sistema respiratório após o PNP (MARACAJÁ-NETO *et al.*, 2009; VALENZA *et al.*, 2010; LORING *et al.*, 2014). Esse efeito acontece, pois, a pressão intra-abdominal enrijece a parede torácica, modificando as características mecânicas do sistema respiratório. A *drivingpressure* foi maior em todos os degraus de PEEP, tanto estática quanto dinâmica, após o PNP (Tabelas 1 e 2). Logo, recomenda-se

titular a PEEP após, não antes do pneumoperitônio, visando uma mecânica respiratória ótima.

A PEEP titulada pela mínima *drivingpressure*, dinâmica ou estática, não apresentou diferença entre elas. Esse valor titulado foi maior após o PNP, com aumento de 22,7% e 24,5%, dinâmica e estática, respectivamente. Logo, não há diferença em calcular a PEEP de mínima *drivingpressure* no início ou no final da pausa inspiratória. Isso sugere que o componente resistivo não interferiu na titulação, o que nos leva a duas propostas: 1) a pausa inspiratória não é necessária ou, 2) pode-se reduzir o seu tempo. Logo, titular a PEEP pela medida da *drivingpressure* dinâmica pode trazer grandes vantagens na ventilação mecânica, tornando-a mais fisiológica e reduzindo o tempo utilizado para essa titulação já que não necessitaria da pausa inspiratória, reduzindo efeitos como diminuição do retorno venoso e diminuição da pré e pós carga cardíaca, que podem ocasionar instabilidade hemodinâmica.

Antes do PNP, nossos resultados mostraram uma diferença significativa entre a PEEP titulada pela mínima *drivingpressure* dinâmica e a de máxima complacência estimada pela MMQ ($p < 0,05$). Isso poderia interferir na utilização desse método. Porém, observando seus valores absolutos (11,1 *versus* 10,1), não haveria diferença na sua utilização na prática clínica.

Nossos resultados mostram uma boa correlação entre as PEEPs tituladas pela mínima *drivingpressure* e a de máxima complacência estática, dinâmica e estimada pelo MMQ, após o PNP (Tabela 5). Titular a PEEP utilizando a mínima *drivingpressure* com um volume corrente constante parece ser um bom método para ventilar pacientes durante a cirurgia laparoscópica.

A PEEP de mínima resistência também demonstrou uma boa correlação com a PEEP de máxima complacência. Valores encontrados não apresentaram diferenças significativas comparados com a de máxima complacência. Isso apenas reforça as vantagens de selecionar a melhor PEEP para cada paciente e permite um tratamento personalizado, respeitando as características individuais do sistema respiratório, permitindo também o ajuste da melhor ventilação mecânica, com harmonização entre complacência, resistência e *drivingpressure*.

As PEEPs tituladas pela máxima complacência estática, dinâmica ou estimada pelo MMQ foram similares, sem diferença estatisticamente significativa. Esse resultado indica que independente do ponto da pausa inspiratória em que se faz a medida, é possível titular a PEEP de melhor mecânica do sistema respiratório.

7 Limitações do estudo

Apesar da importante associação da *drivingpressure* e a mortalidade já estar estabelecida, ela refere-se a mudanças do sistema respiratório, sem dissociar a parede torácica e pulmões. Logo, a *drivingpressure* deve ser utilizada de forma cautelosa quando existe uma pressão intra-abdominal elevada, já que pode estar refletindo maiores mudanças da parede torácica do que dos pulmões (CORTES-PUENTES *et al.*, 2015). Nesse trabalho consideramos todas as medidas do sistema respiratório, sem separar seus componentes. Além disso, as comparações foram feitas intraindivíduos, sem avaliar e comparar características entre os indivíduos, o que poderia nos fornecer maiores informações nas alterações da mecânica do sistema respiratório.

8 Conclusão

Como conclusão, titular a PEEP considerando a menor *drivingpressure* parece ser uma boa escolha para ventilar pacientes durante cirurgias vídeo laparoscópicas. Utilizar a *drivingpressure* estática ou dinâmica não apresentou diferença, logo, possivelmente a pausa inspiratória não influencie nessa titulação, o que reduz o tempo utilizado para titular, trazendo menores efeitos hemodinâmicos e que pode ser uma escolha praticável para encontrar a melhor mecânica do sistema respiratório de cada indivíduo. A nossa hipótese que sugere uma PEEP titulada pela menor *drivingpressure*, encontrou correspondência com a PEEP de máxima complacência, que já vem sendo discutida na literatura como uma medida que traz benefícios à mecânica do sistema respiratório e reduz complicações pós-operatórias.

9 Referências bibliográficas

AIRES, M.M., **Fisiologia**. 3.ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2008.

AMATO, M.B.P., MEADE, M.O., SLUTSKY, A.S., *et al.*, “Driving Pressure and Survival in the Acute Respiratory Distress Syndrome”,*New England Journal of Medicine*, v. 372, pp. 747-755, 2015.

ANDERSSON, L.E., BÅÅTH, M., THÖRNE, A., *et al.*, “Effect of carbon dioxide pneumoperitoneum on development of atelectasis during anesthesia, examined by spiral computed tomography”. **Anesthesiology**, v. 102, n.2, pp. 293-239, 2005.

ARDSNET, "Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. The Acute Respiratory Distress Syndrome Network", **The New England Journal of Medicine**, v. 342, n. 18, pp. 1301-1308, 2000.

ASHBAUGH, D.G., BIGELOW, D.B., PETTY, T.L., *et al.*, “Acute Respiratory Distress in Adults”, **Lancet**, pp. 319-323, 1967.

ALGERA, A.G., PISANI L., BERGMANS, D.C.J., *et al.*, “RELAX – REstricted versus Liberal positive end-expiratory pressure in patients without ARDS: protocol for a randomized controlled trial”, **Trials**, v. 19, n. 1, pp. 272, 2018.

BUIA, A., STOCKHAUSEN, F., HANISH, E., “Laparoscopic surgery: A qualified systematic review”,**World Journal of Methodology**,v. 5, n. 4,pp. 238-254, 2015.

CHIUMELO, D., CARLESSO, E., BRIONI, M., *et al.*, “Airway driving pressure and lung stress in ARDS patients”,**Critical care**,v. 20, n. 1, pp. 276, 2016.

CARVALHO, A.R.S., JANDRE, F., PINO, A.V., *et al.*, “Positive end-expiratory pressure at minimal respiratory elastance represents the best compromise between mechanical stress and lung aeration in oleic acid induced lung injury”, **Critical Care**, v.11, n.4, pp. 1-13., 2007.

CARVALHO, A.R.S., JANDRE, F., PINO, A.V., *et al.*, “Effects of descending positive end-expiratory pressure on lung mechanics and aeration in healthy anaesthetized piglets”, **Critical Care**, v.10, n. 4, pp. 1-8, 2006.

CARVALHO, A.R., SPIETH, P.M., PELOSI, P., *et al.*, “Ability of dynamic airway pressure curve profile and elastance for positive end-expiratory pressure titration”, **Intensive Care Medicine**, v. 34, n. 12, pp. 2291–2299, 2008.

CARVALHO, N.S., “Estratégia individualizada para titulação da pressão positiva ao final da expiração na colecistectomiavideolaparoscópica”. Tese de doutorado – PEB/COPPE – UFRJ, 2016.

CHIUMELO, D., CARLESSO, E., BRIONI, M., *et al.*, “Airway driving pressure and lung stress in ARDS patients”, **Critical care**, v. 20, n. 1, pp. 276, 2016.

CINNELLA, G., GRASSO S., SPADARO, S., *et al.*, “Effects of Recruitment Maneuver and Positive End-expiratory Pressure on Respiratory Mechanics and Transpulmonary Pressure during Laparoscopic Surgery”, **Anesthesiology**, v. 118, n. 1, pp. 114-122, 2013.

COLÉGIO BRASILEIRO DE CIRURGIÕES, “Cirurgia minimamente invasiva”, Diagraphic Editora, ano 3, fascículo 3, 2004.

CORTES-PUENTES, G.A., KEENAN, J.C., ADAMS, A.B., *et al.*, “Impact of Chest Wall Modifications and Lung Injury on the Correspondence Between Airway and Transpulmonary Driving Pressures”, **Critical Care Medicine**, v. 43, pp. 287–295, 2015.

FAN, E., DEL SORBO, L., GOLIGHER, E.W., *et al.*, “An Official American Thoracic Society/European Society of Intensive Care Medicine/Society of Critical Care Medicine Clinical Practice Guideline: Mechanical Ventilation in Adult Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome”, **American Journal of Respiratory Critical Care Medicine**, v.195, n. 9, pp.1253–1263, 2017.

FITZ-HENRY, J. "The ASA classification and peri-operative risk", **Annals of the Royal College of Surgeons of England**, v. 93, n. 3, pp. 185–187, 2011.

FUTIER, E., CONSTANTIN, J.M., PELOSI, P., *et al.*, “Intraoperative Recruitment Maneuver Reverses Detrimental Pneumoperitoneum-induced Respiratory Effects in Healthy Weight and Obese Patients Undergoing Laparoscopy”, **Anesthesiology**, v. 113, pp. 1310–1319, 2010.

FUTIER, E., CONSTANTIN, J.M, PAUGAM-BURTZ, C., *et al.*, “A Trial of Intraoperative Low-Tidal-Volume Ventilation in Abdominal Surgery”, **New England Journal of Medicine**, v. 369, pp. 428-437, 2013.

GATTINONI, L., PESENTI, A. “The concept of “baby lung””, **Intensive Care Medicine**, v. 31, pp. 776–784, 2005.

GUÉRIN, C., PAPAZIAN, L., REIGNEIR, J., *et al.*, “Effect of driving pressure on mortality in ARDS patients during lung protective mechanical ventilation in two randomized controlled trials”, **Critical Care**, v. 20, pp. 384, 2016.

KASSIS, E.B., LORING, S.H., TALMOR, D., “Mortality and pulmonary mechanics in relation to respiratory system and transpulmonary driving pressures in ARDS”, **Intensive Care Medicine**, v. 42, n. 8, pp. 1206–1213, 2016.

LADHA K., MELO, M.F.V., MCLEAN, D.J., *et al.*, “Intraoperative protective mechanical ventilation and risk of postoperative respiratory complications: hospital

based registry study”, **British Medical Association**, v. 351, pp. h3646, 2015.

LAFFEY, J.G., BELLANI, G., PHAM, T., *et al.*, “Potentially modifiable factors contributing to outcome from acute respiratory distress syndrome: the LUNG SAFE study”, **Intensive Care Medicine**, 2016.

LEFF, A.L., SCHUMACKER, P.T., **Fisiologia Respiratória: Fundamentos e Aplicações**. 1 ed. Brasil, Interlivros, 1996.

LORING, S.H., BEHAZIN, N., NOVERO, A., *et al.*, “Respiratory mechanical effects of surgical pneumoperitoneum in humans”, **Journal of Applied Physiology**, v. 117, pp. 1074–1079, 2014.

MARACAJÁ-NETO, L.F., VERÇOSA, N., RONCALLY, A.C., *et al.*, “Beneficial effects of high positive end-expiratory pressure in lung respiratory mechanics during laparoscopic surgery”, **Acta Anaesthesiologica Scandinavica**, v. 3, n. 2, pp. 210–217, 2009.

MCINTYRE, R.W., LAWS, A.K., RAMACHANDRAN, P.R., “Positive Expiratory Pressure Plateau: Improved Gas Exchange During Mechanical Ventilation”, **Canadian Anaesthetists Society Journal**, v. 16, n. 6, pp. 477-486, 1969.

NETO, A.S., CARDOSO, S.O., MANETTA, J.A., *et al.*, “Association Between Use of Lung-Protective Ventilation With Lower Tidal Volumes and Clinical Outcomes Among Patients Without Acute Respiratory Distress Syndrome: A Meta-analysis”, **JAMA**, v. 308, n. 16, 2012.

NETO AS., HEMMES, S.N.T., BARBAS, C.S.V., *et al.*, “Protective versus Conventional Ventilation for Surgery: A Systematic Review and Individual Patient Data Meta-analysis”, **Anesthesiology**, v. 123, pp. 66-78, 2015.

NETO AS., HEMMES, S.N.T., BARBAS, C.S.V., *et al.*, “Association between driving pressure and development of postoperative pulmonary complications in patients undergoing mechanical ventilation for general anaesthesia: a meta-analysis of individual patient data”, **Lancet Respiratory Medicine**, v. 4, pp. 272-280, 2016.

NEZHAT, C., LAVIE, O., LEMYRE, M., *et al.*, “Laparoscopic Hysterectomy with and without a Robot: Stanford Experience”, **Journal of the Society of Laparoendoscopic Surgeons**, v. 13, pp. 125–128, 2009.

PINO, A.V., COSTA, J.C.G.D., JANDRE, F.C., *et al.*, , “Mecânica - Um programa para análise do sistema respiratório”. In: **Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica**, v. 9, n. 12, pp.253-257, São José dos Campos, set2002.

RAUH, R., HEMMERLING, TM., RIST, M., *et al.*, “Influence of pneumoperitoneum and patient positioning on respiratory system compliance”, **Journal of Clinical Anesthesia**, p. 13, v. 5, pp. 361-365, 2001.

RUSSO, A., STASIO, E.D., SCAGLIUSI, A., *et al.*, “Positive end-expiratory pressure during laparoscopy: cardiac and respiratory effects”, **Journal of Clinical Anesthesia**, v. 25, pp. 314–320, 2013.

SALES, L.A.S, PINTO, J.O.G., QUEIROZ, C.E.F., *et al.*, “Colecistectomia laparoscópica suprapúbica: técnica e resultados preliminares”, **Arquivo Brasileiro de Cirurgia Diagnóstica**, v. 27, n. 1, pp. 22-25, 2014.

SEVERGNINI, P., SELMO, G., LANZA, C., CHIESA, A., FRIGERIO, A., BACUZZI, A., DIONIGI, G., NOVARIO, R., GREGORETTI, C., ABREU, M.G., SCHULTZ, M.J., JABER, S., FUTIER, E., CHIARANDA, M., PELOSI, P. Protective Mechanical Ventilation during General Anesthesia for Open Abdominal Surgery Improves Postoperative Pulmonary Function. **Anesthesiology**, v.118, pp.1307-21, 2013.

SOARES, J.H.N., CARVALHO, A.R., BERGAMINI, B.C., *et al.*, “Alveolar Tidal recruitment/derecruitment and Overdistension During Four Levels of End-Expiratory Pressure with Protective Tidal Volume During Anesthesia in a Murine Lung-Healthy Model”, **Lung**, v. 196, pp. 335–342, 2018.

WOLTHUIS, E.K., CHOI, G., DESSING, M.C., BRESSER, P., LUTTER, R., DZOLJIC, M., POLL, T.V.D., VROOM, M.B., HOLLMANN, M., SCHULTZ, M. J. “Mechanical Ventilation with Lower Tidal Volumes and Positive End-expiratory Pressure Prevents Pulmonary Inflammation in Patients without Preexisting Lung Injury”. **Anesthesiology**, v. 108, pp. 46–54, 2008.

Apêndice A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Justificativa e objetivos

Durante as cirurgias abdominais é necessário o uso de aparelhos para respirar e estes aparelhos precisam ser ajustados para que o paciente respire da melhor forma e para que ele tenha o mínimo de complicações após a cirurgia. O nosso estudo pretende avaliar qual a melhor maneira de ajustar o aparelho de forma a resultar em maiores benefícios para função pulmonar.

Proposta do Estudo

O Sr(a) _____ está sendo convidado a participar deste estudo, para estudar os efeitos pulmonares de um ajuste da respiração com aparelhos mecânicos em pacientes que necessitam de uma cirurgia abdominal.

Explicação dos Procedimentos

Para a realização do procedimento, os pacientes que estão respirando com um ventilador mecânico, terão as medidas da sua respiração gravadas em um computador para realização do estudo. As medidas serão realizadas ao mesmo tempo em que irá ocorrer a cirurgia, período durante o qual os pacientes estarão sendo acompanhados a todo o momento, pelo médico plantonista, independentemente do pesquisador que realizará as medidas. Será coletada 2 amostra de sangue (0,5 ml - equivale a 3 gotas de sangue) durante a realização do protocolo.

Benefícios

Haverá benefício ao paciente participante da pesquisa, mas não de forma direta. Os pacientes irão se beneficiar quanto ao uso de uma ventilação que tem menor risco de lesão pulmonar e seus dados poderá ajudar a entender melhor as alterações pulmonares que ocorrem quando o paciente está na cirurgia respirando pelo ventilador mecânico e, futuramente contribuir para o desenvolvimento de uma estratégia para ventilar o paciente durante a cirurgia para que ele tenha um menor risco de lesar o pulmão.

Desconfortos e Riscos

O procedimento de forma alguma provocará dor, sendo também programado para não provocar riscos adicionais aos da cirurgia executada. Além disso, o aparelho da respiração pode retornar o controle estabelecido pelo médico que acompanhará o procedimento ininterruptamente caso haja alguma alteração inesperada. Os resultados obtidos serão utilizados em pesquisas nessa instituição, no Programa de Engenharia Biomédica e no Laboratório de Fisiologia da Respiração da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Participação voluntária no estudo

A participação neste estudo é voluntária. O representante legal ou o paciente poderá recusar-se a participar, bem como cancelar sua participação a qualquer momento do estudo. Esta decisão não afetará de nenhuma maneira os cuidados médicos oferecidos aos pacientes internados na instituição.

Tratamento Médico em Caso de Danos

Todo e qualquer dano decorrente do desenvolvimento deste projeto de pesquisa, e que necessite de atendimento médico, ficará a cargo da instituição. Caso não deseje autorizar a sua participação no estudo, não haverá qualquer restrição ou mudança no tratamento planejado previamente pela equipe médica e a você oferecido.

Custeio

Não haverá qualquer custo ou forma de pagamento para o paciente pela sua participação nesse estudo.

Confidencialidade

A publicação dos resultados desta pesquisa, em parte ou no seu todo e em qualquer das Instituições participantes não identificará os pacientes envolvidos, preservando totalmente sua identidade. Garantia de Esclarecimento Em caso de dúvidas sobre o estudo, por favor, telefone para Niedja Carvalho no telefone (021) 98411-7643 ou procure o Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Naval Marcílio Dias na cidade do Rio de Janeiro, na Rua Cesar Zama, 185, Lins de Vasconcelos, Rio de Janeiro, pelo telefone (21) 2599-5452 ou também pelo e-mail cep@hnmd.mar.mil.br.

Consentimento para a participação no estudo

A sua assinatura significa que você leu este formulário ou que ele foi lido para você, que lhe foram dadas todas as explicações sobre o estudo, que você recebeu respostas para as suas dúvidas, está satisfeito com as informações que lhe foram dadas e concordou com a participação no estudo.

Assinatura (Paciente)

Data

Se o paciente não é capaz de consentir:

A sua assinatura, como representante legal do paciente, significa que você leu este formulário ou que ele foi lido para você, que lhe foram dadas todas as explicações sobre o estudo, que você recebeu respostas para as suas dúvidas, está satisfeito com as informações que lhe foram dadas e concordou com a participação do paciente no estudo.

_____ não é capaz de dar o seu consentimento.

Nome do Paciente (em letra de forma)

Nome do Representante Legal Grau de parentesco com o paciente (em letra de forma)

Assinatura (Representante legal) Data

Assinatura (Responsável pela aplicação do TCLE) Rubrica Data (em letra de forma)

Anexo A – Parecer do Comitê de ética em pesquisa

HOSPITAL NAVAL MARCÍLIO
DIAS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação da Estratégia Rápida para Ajuste da Pressão Positiva ao final da Expiração na Cirurgia Laparoscópica com Pneumoperitônio

Pesquisador: Niedja Silva Carvalho

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 35625114.3.0000.5256

Instituição Proponente: Hospital Naval Marcílio Dias

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 839.396

Data da Relatoria: 14/10/2014

Anexo B – Classificação do estado físico

Classificação ASA - American society of Anesthesiologist	
ASA I	Paciente normal e saudável
ASA II	Paciente com doença sistêmica leve
ASA III	Paciente com doença sistêmica grave
ASA IV	Paciente com doença sistêmica grave que é uma ameaça constante à vida
ASA V	Paciente moribundo que não é esperado sobrevivência sem a operação
ASA VI	Paciente com morte cerebral declarada cujos órgãos estão sendo removidos para fins de doadores

(FITZ-HENRY, 2011)

Anexo C - Características dos pacientes

Tabela 1. Características antropométricas, duração da cirurgia e classificação de risco.

Paciente	Gênero	Idade (anos)	Peso (Kg)	Altura (cm)	IMC (Kg/m ²)	Duração (min)	ASA
1	F	28	66	162	25,1	25,6	I
2	F	40	85	169	29,8	24,54	I
3	F	37	79	158	31,6	22,74	I
4	F	28	55	166	19,9	29,07	I
5	F	27	62	164	23,0	21,94	I
6	F	47	73	158	29,2	37,8	II
7	F	37	84	164	31,2	42,17	I
8	F	36	69	159	27,3	59,22	I
9	F	35	76	166	27,6	19,76	I
10	F	29	60	163	22,6	33,47	I
11	F	35	60	158	24,0	20,47	II
12	F	36	66	154	27,8	26,17	I
13	M	33	84	180	25,9	30,75	I
14	F	29	77	152	33,3	59,98	I
15	F	38	60	160	23,4	23,94	I
16	F	42	70	160	27,3	34,04	I
17	M	40	90	182	27,2	71,75	I
18	M	35	84	181	25,6	29,27	I
19	F	22	66	165	24,2	71,87	I
20	F	42	56	164	20,8	33,18	I
21	F	24	54	162	20,6	51,16	I
22	F	26	59	160	22,5	23,13	I
23	M	39	73	172	24,7	38,9	I
24	F	59	60	160	23,4	30,82	I

ASA: Sociedade Americana de Anestesiologistas; IMC: Índice de massa corporal

