

Artigo original

Descrição das repercussões pressóricas resultantes do aumento da pressão positiva expiratória final em pacientes com hipertensão intracraniana.

Description of impact pressure due to increased positive end-expiratory pressure in patients with intracranial hypertension.

Marcos David Parada Godoy¹, Ivo Roberto Lobo de Soeiro¹, Arthur Evangelista da Silva Neto¹, Vitor Savino Campos¹, Leonardo Cordeiro de Souza².

RESUMO

Introdução: O número de pacientes com hipertensão intracraniana (HIC), admitidos nas Unidades Intensivas, tem crescido significativamente, fato que demanda maior conhecimento das repercussões sistêmicas. O presente estudo descreveu estas repercussões, como resultado do aumento da pressão positiva expiratória final (PEEP), em pacientes com HIC. **Metodologia:** Participaram deste estudo 11 pacientes, em ventilação mecânica controlada. O valor inicial da PEEP foi de 5 cmH₂O, sendo aumentado, a cada 1 minuto, para 10, 12, 15, 17 e 20 cmH₂O. Durante este período, os valores da pressão média via aérea (PmVA), pressão intra-abdominal (PIA), pressão arterial média (PAM) e da pressão intracraniana (PIC) foram mensuradas e a pressão de perfusão cerebral (PPC), pressão perfusão abdominal (PPA) e pressão de perfusão torácica (PPT) foram calculados. **Resultados:** Quando aumentamos a PEEP, observamos aumento da PmVA [IC 95% 1,32 (14,30 - 16,70 p<0,00004)] com redução da PPT [IC 95% 4,54 (70,37 - 79,40 p=0,00004)]; o aumento PEEP proporcionou a redução na PAM [IC 95% 4,02 (86,20 - 94,30 p<0,005)] e concomitante aumento da PIC [IC 95% 1,36 (16,84 - 19,60 p=0,003)], com queda da PPC [IC 95% 6,56 (65,50 - 78,60 p=0,00008)]. Na descrição entre o aumento da PEEP e a repercussão na PIA, observamos que as duas variáveis parecem não dependerem linearmente uma da outra [IC 95% 1,95 (9,22 - 3,10 p=0,009)]; contudo na PPA encontramos uma significância estatística ao aumento da PEEP [IC 95% 5,92 (70,82 - 82,70 p<0,0001)]. **Conclusão:** A elevação da PEEP em pacientes com HIC é possível, sem que valores perfusionais e compartimentais pressóricos comprometam o paciente.

Descritores: hipertensão intracraniana, lesão pulmonar aguda, pressão positiva expiratória final.

ABSTRACT

Introduction: The number of patients with intracranial hypertension (IH), admitted in the Intensive Units, has increased significantly. Fact that demands larger knowledge of the repercussions systemic. The present study described these repercussions, as a result of the increase of the positive end-expiratory pressure (PEEP), in patients with IH. **Methodology:** Participated in this study 11 patient, in mechanical ventilation controlled. The initial value of PEEP was of 5 cmH₂O, added every 1 minute, for 10, 12, 15, 17 and 20 cmH₂O. During this period, the measure of the mean airway pressure (PMwa), intra-abdominal pressure (IAP), mean arterial blood pressure (MAP) and of the intracranial pressure (ICP) were measured and the cerebral perfusion pressure (CPP), abdominal perfusion pressure (APP) and thoracic perfusion pressure (TPP) were made calculations. **Results:** When we increased PEEP, we observed a increase of PMwa [CI 95% 1,32 (14,30 - 16,70 p<0,00004)] with reduction of TPP [CI 95% 4,54 (70,37 - 79,40 p=0,00004)]; in MAP [CI 95% 4,02 (86,20 - 94,30 p<0,005)], besides the increase of ICP [CI 95% 1,36 (16,84 - 19,60 p=0,003)], with fall of CPP [CI 95% 6,56 (65,50 - 78,60 p=0,00008)]. In the description between PEEP and AIP, we observed that the two variables don't depend one of the other lineally [CI 95% 1,95 (9,22 - 3,10 p=0,009)], however in APP we found a statistical significance [CI 95% 5,92 (70,82 - 82,70 p<0,0001)]. **Conclusion:** The increased of PEEP in patients with IH is possible without value perfusionais and compartmentalizes pressure damage the patient.

Keywords: intracranial hypertension, acute lung injury, positive end-expiratory pressure.

1. Centro de Terapia Intensiva do Hospital e Clínica São Gonçalo (HCSG).

2. Professor das Faculdades Pestalozzi.

Trabalho realizado no Centro de Terapia Intensiva do Hospital e Clínica São Gonçalo - São Gonçalo, RJ, Brasil.

Endereço para correspondência: Marcos David Parada Godoy. Centro de Estudos do Hospital e Clínica São Gonçalo, Alameda Pio XII, 138, Centro, CEP: 24440-400, São Gonçalo, RJ. Tel.: (21) 2604-2281. E-mail: fisiocor.rj@gmail.com.

Recebido em 03/01/2009 e aceito em 04/04/2009, após revisão.

INTRODUÇÃO

A descrição da influência do aumento da pressão positiva expiratória final (PEEP) e sua repercussão nas pressões sistêmicas e cerebrais são particularmente relevantes, já que pacientes com hipertensão intracraniana (HIC), em ventilação mecânica, podem desenvolver lesão pulmonar aguda (LPA). Isto resulta da lesão induzida pela ventilação mecânica invasiva (VILI), pneumonia associada à ventilação mecânica (PAV), contusão pulmonar, entre outras, sendo observada consequente redução dos valores da pressão parcial de oxigênio arterial (PaO_2) e da saturação arterial oxigênio (SaO_2), muitas vezes refratária ao aumento da fração inspirada de oxigênio (FiO_2). Neste grupo específico de pacientes, intervenções com o objetivo de melhorar a relação $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ se fazem necessárias. Entre estas condutas, citamos o aumento da PEEP, que resultaria na melhora da oxigenação e diminuição do *shunt* pulmonar. Contudo, o aumento da PEEP e sua repercussão nas pressões sistêmicas, em pacientes com hipertensão intracraniana, ainda não estão totalmente esclarecidos na literatura científica mundial.

Cerca de 1,6 milhões de casos de neurotrauma ocorrem todos os anos nos Estados Unidos e, nos países da União Européia, os dados não são conclusivos; contudo, estima-se uma incidência muito elevada, em torno de 1 milhão de indivíduos com trauma cerebral. No Brasil, os valores acompanham as crescentes estatísticas epidemiológicas mundiais. O número de pacientes com HIC, admitidos nas Unidades de Terapia Intensiva (UTI), tem crescido significativamente nos últimos anos. Este fato demanda maior conhecimento, neste grupo de pacientes, das repercussões pressóricas sistêmicas e dos processos fisiopatológicos e hemometabólicos. Entre as várias causas de aumento da pressão intracraniana, destacam-se, em nosso estudo, o traumatismo crânio encefálico (TCE) e o acidente vascular encefálico (AVE).¹⁻⁵

A finalidade deste estudo foi descrever as repercussões pressóricas sistêmicas e sua correlação com o aumento da PEEP, observada através das medidas da pressão intracraniana (PIC), pressão arterial média (PAM), pressão de perfusão cerebral (PPC), pressão média de via aérea (PmVA), pressão de perfusão intratorácica (PPT), pressão intra-abdominal (PIA) e pressão de perfusão abdominal (PPA), em pacientes com hipertensão intracraniana sob ventilação mecânica.

METODOLOGIA

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa das Faculdades Pestalozzi e foram obtidos os termos de consentimento livre e esclarecido dos familiares dos pacientes envolvidos, de acordo com CNS 196/96. Os indivíduos selecionados para este estudo foram admitidos na UTI do Hospital e Clínica São Gonçalo, localizado na cidade de São Gonçalo, no Estado do Rio de Janeiro. Estes indivíduos foram submetidos a

procedimentos neurocirúrgicos, após critérios clínicos e de imagem próprios da especialidade, para diagnóstico de hipertensão intracraniana. Foram excluídos do estudo, a qualquer momento, os pacientes que apresentaram instabilidade hemodinâmica, com pressão arterial sistólica (PAS) < 90 mmHg ou > 180 mmHg e pressão intracraniana maior que 20 cmH_2O .

Participaram deste estudo cinco pacientes do sexo feminino, com média de idade de 63,8 ($\pm 3,11$) anos e seis pacientes do sexo masculino, com média de idade de 72,3 ($\pm 6,47$) anos. Os pacientes apresentavam tempo médio de ventilação mecânica de 2,27 ($\pm 0,46$) dias (Tabela 1). Estes se encontravam sedados e adaptados ao respirador da marca *Puritan-Bennett* 840, no modo de ventilação mandatória controlada (VMC). O valor inicial da PEEP foi ajustado em 5 cmH_2O , sendo que esta foi aumentada, a cada 1 minuto, para 10, 12, 15, 17 e 20 cmH_2O . Durante este período, foram mensuradas PmVA, PIA, PAM e PIC, enquanto PPC, PPA e PPT foram calculadas de acordo com fórmulas matemáticas adequadas.

Tabela 1 - Distribuição dos pacientes em relação ao tempo de ventilação mecânica e o diagnóstico clínico que determinou a hipertensão.

Sexo	Idade (anos)	Tempo VM (dias)	Diagnóstico	Valor inicial da PIC	
				Pós-neurocirurgia (mmHg)	
F	65	2	TCE	16	
F	67	3	AVEh	15	
M	72	2	TCE	18	
F	60	2	HSA	15	
M	68	2	TCE	17	
M	65	2	AVEh	15	
M	78	2	AVEh	19	
M	82	3	HSA	18	
F	66	3	AVEh	17	
F	61	2	TCE	16	
M	69	2	TCE	20	
Média \pm DP	68,4 \pm 6,6	2,27 \pm 0,46	-	-	-
p	0,97	0,98	-	-	-

AVEh: acidente vascular encefálico hemorrágico; TCE: traumatismo crânio-encefálico; HSA: hemorragia subaracnóidea; VM: ventilação mecânica; PIC: pressão intracraniana.

p < 0,05 - valor de significância estatística.

Todos os pacientes foram submetidos a procedimentos neurocirúrgicos e monitorizados, de forma invasiva, através do uso de cateter ventricular encefálico. Este foi utilizado para medida da PIC, sendo os valores analisados através do equipamento *CODMAN® ICP Monitoring System*, adaptado a um sistema de drenagem ventricular externa, da marca *CODMAN® EDS 3™ CSF External Drainage System*.

A punção da artéria radial para mensuração da PAM foi realizada pela equipe médica, e seus valores observados através do monitor multiparâmetros DX 2010 da marca *Dixtal*.

O método de Kron foi utilizado para medida da pressão intra-abdominal.⁶ Os pacientes se encontravam em decúbito dorsal horizontal e em uso de sonda vesical de *Foley* com três vias, em conexão com uma bolsa cole-

tora com o tubo de drenagem previamente clampeado para a realização da medida. O nível da sínfise púbica foi considerado o ponto zero para a fita calibrada em centímetros. O valor da PIA foi registrado baseado na altura da coluna em relação ao ponto zero, sendo seu valor de normalidade menor que 16 mmHg (12 cmH₂O).

A medida da pressão de perfusão abdominal foi realizada através da fórmula: PPA = PAM - PIA, com valores de normalidade maiores que 60 mmHg.⁷ A medida da pressão média de vias aéreas (PmVA) foi analisada pelo algoritmo matemático do ventilador mecânico, observado de forma direta pelo *display* do próprio equipamento. Os valores aceitáveis para PmVA foram aqueles observados entre 20 e 30 mmHg. Os valores da PPC foram calculados a partir da fórmula PPC = PAM - PIC, com valores de normalidade acima de 70 mmHg.⁸ A medida da pressão de perfusão torácica (PPT) foi realizada pela fórmula: PPT = PAM - PmVA. Esta fórmula foi produzida por nosso grupo de estudo, a partir da observação matemática das fórmulas de medida de pressão de perfusão abdominal e torácica. Utilizamos os valores de normalidade da PAM (> 80 mmHg) e da PmVA (20 mmHg) e os empregamos no cálculo, obtendo o valor de normalidade para a PPT de 65 a 75 mmHg.

A estatística descritiva das variáveis contínuas foi informada sob forma de média e desvio-padrão. Para avaliar a relação entre variáveis, foi obtido o coeficiente de correlação de *Pearson* (*r*). Os dados contínuos foram aferidos pelo teste *t* (*student*) para dados pareados. Os resultados foram considerados significativos quando *p* < 0,05. A análise estatística foi realizada através do software *Origin v. 6.0*.

Demonstramos, através da tabela 2, as variáveis pressóricas envolvidos neste estudo, distribuídas em valores médios e desvio padrão, com valores mínimos e máximos atribuídos e verificados, além dos valores de intervalo de confiança de 95%.

Tabela 2 - Distribuição dos valores médios das pressões

Variáveis	Valores Médios	Média do desvio-padrão	Valores mínimos	Valores máximos	IC 95%
PEEP	13,1	5,34	5	20	-
PAM	90,2	6,8	85,7	94,6	4,02 (86,20 - 94,30)
PPT	74,9	6,41	66,3	83	4,54 (70,37 - 79,40)
PIT	15,3	2,97	11,6	19,5	1,32 (14,30 - 16,70)
PPC	72	4,65	65,8	77,7	6,56 (65,50 - 78,60)
PIC	18,1	1,2	16,9	19,9	1,36 (16,84 - 19,60)
PPA	76,7	5,06	70,4	84,3	5,92 (70,82 - 82,70)
PIA	11,1	0,77	10,4	12,5	1,95 (9,22 - 13,10)

PAM: pressão arterial média; PPT: pressão perfusão torácica; PIT: pressão intratorácica; PPC: pressão perfusão cerebral; PIC: pressão intracraniana; PPA: pressão de perfusão abdominal; PIA: pressão intra-abdominal; IC: intervalo de confiança.

RESULTADOS

Análise das repercussões intratorácicas

Quando analisamos a correlação entre a PEEP e a PmVA, com variância de 11,6 a 19,5 mmHg, observamos que as duas variáveis se correlacionam [IC 95% 1,32 (14,30 - 16,70 *p*<0,00004)], conforme demonstrado no gráfico 1. O mesmo achado foi observado quando correlacionamos o aumento da PEEP com as alterações pressóricas perfusionais torácicas (PPT), com variância de 66,3 a 83 mmHg, onde encontramos uma correlação inversamente significativa [IC 95% 4,54 (70,37 - 79,40 *p*=0,00004)], demonstrada no gráfico 1A.

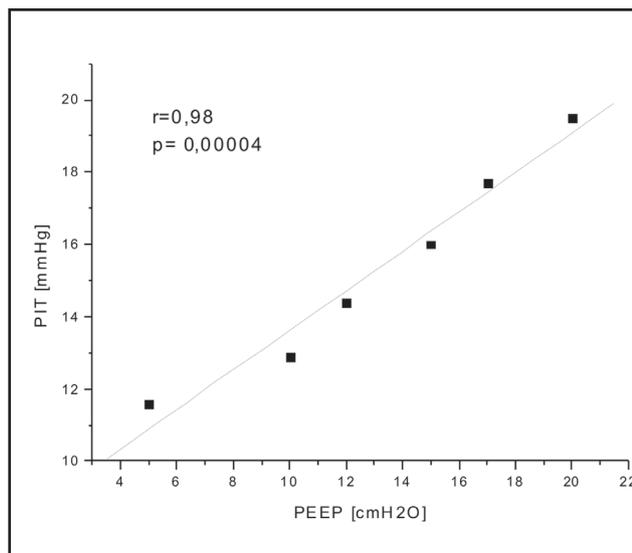


Gráfico 1 - Correlação entre os valores de PIT e o aumento da PEEP.

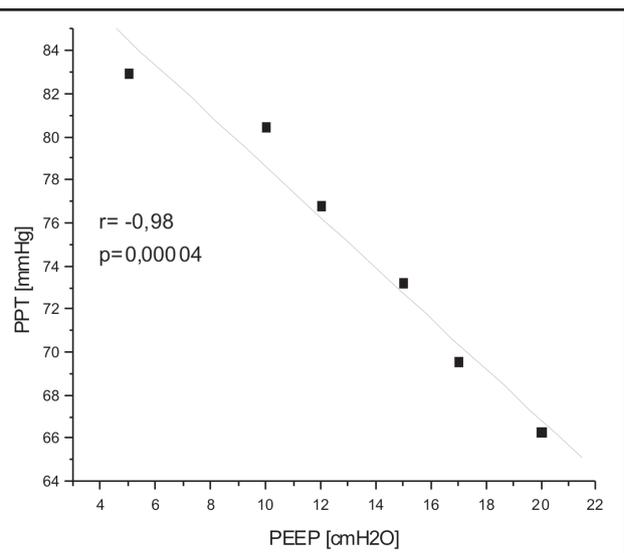


Gráfico 1A - Correlação entre os valores da PPT e o aumento da PEEP.

Análise das repercussões encefálicas

Quando analisamos a correlação entre a PEEP e a PIC, com variância de 16,9 a 19,9 mmHg (gráfico 2), observamos que as duas variáveis se correlacionam [IC 95% 1,36 (16,84 - 19,60 *p*=0,003)]. Este achado também

foi observado quando correlacionamos o aumento da PEEP com as alterações pressóricas perfusionais cerebrais (PPC), com variância de 77,7 a 65,8 mmHg (gráfico 2A), onde encontramos uma correlação inversamente significativa [IC 95% 6,56 (65,50 - 78,60 *p*=0,00008)].

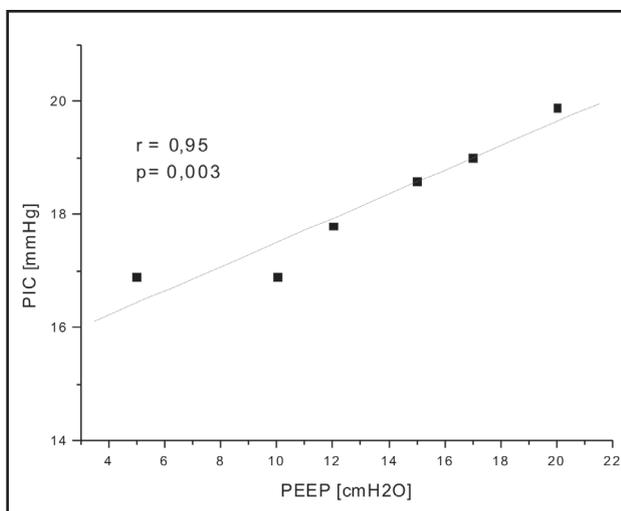


Gráfico 2 - Correlação entre a PIC e o aumento da PEEP.

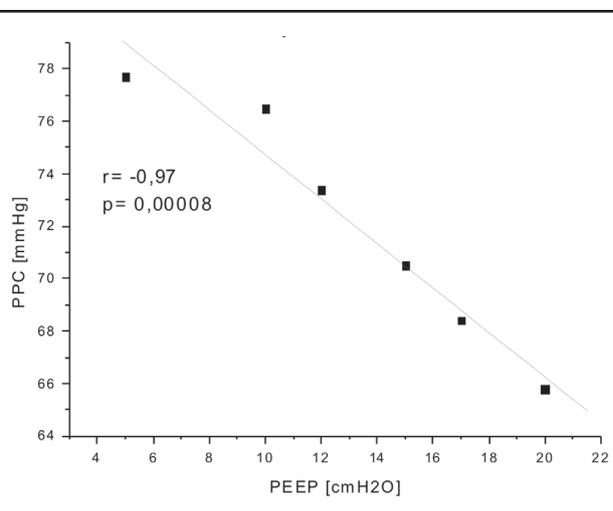


Gráfico 2A - Correlação entre a PPC e o aumento da PEEP.

Análise das Repercussões abdominais

Quando analisamos a correlação entre a PEEP e a PIA, com variância de 10,4 a 12,6 mmHg (gráfico 3), observamos que as duas variáveis se correlacionam [IC 95% 1,95 (9,22 - 3,10 p=0,009)]. Este achado também foi

observado quando correlacionamos o aumento da PEEP com as alterações pressóricas perfusionais abdominais (PPA), com variância de 70,4 a 84,3 mmHg (gráfico 3A), onde encontramos uma correlação inversamente significativa [IC 95% 5,92 (70,82 - 82,70 p<0,0001)].

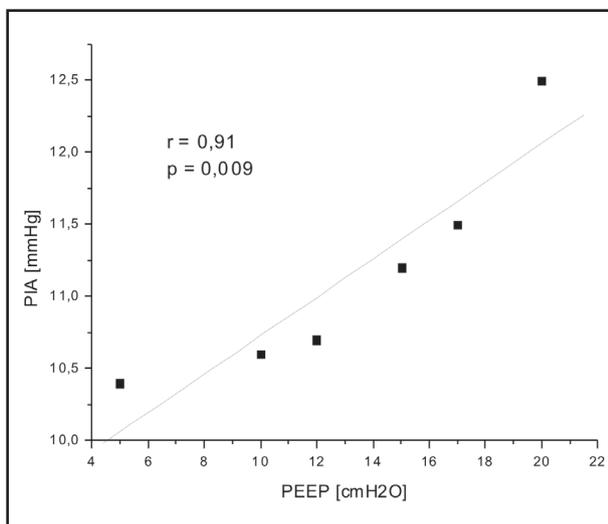


Gráfico 3 - Correlação da PIA em relação ao aumento da PEEP.

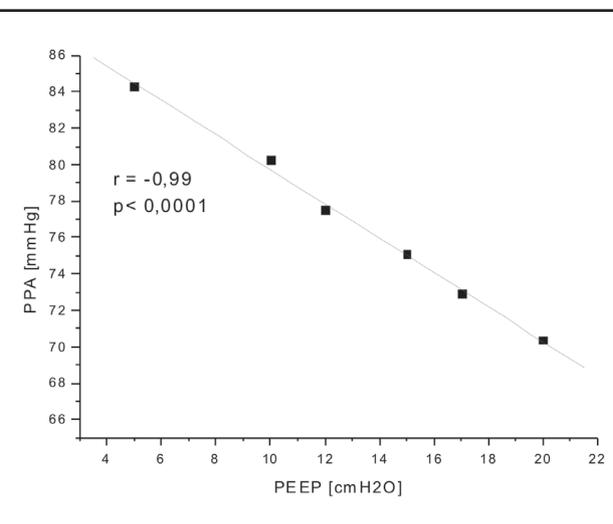


Gráfico 3A - Correlação entre a PPA e o aumento da PEEP.

DISCUSSÃO

Nosso estudo demonstrou que a elevação da PEEP é capaz de gerar um aumento direto na PmVA, em um modelo gráfico. Acreditamos que este fato se deve ao aumento das pressões intratorácicas, pela aplicação de uma PEEP crescente, o que é fisiologicamente esperado. Entre as alterações pressóricas intratorácicas, a capacidade residual funcional (CRF) parece ter um papel fundamental neste processo. O aumento da pressão intratorácica causada pelo aumento PEEP aumenta a pressão intracraniana, principalmente através do aumento da pressão da veia cava superior, diminuindo o retorno venoso cerebral.²⁷

Em relação às variações dos valores de PAM e sua influência direta nos valores da PPC, entendemos que a PEEP proporciona um aumento da PmVA, além de pos-

síveis alterações de fluxo sanguíneo e da própria PAM. Esta alteração na PAM, pela PEEP, é capaz de alterar os valores pressóricos intratorácicos, encefálicos, bem como intra-abdominais, ainda que, neste último, as repercussões sejam mais discretas. Contudo, estas alterações supracitadas fazem da variável PAM um dos fatores mais importantes no paciente com HIC, em ventilação mecânica. Acreditamos que uma monitorização e estabilidade hemodinâmica mais eficaz podem evitar os efeitos indesejáveis da pressão positiva sobre o sistema cardiovascular e permitir, assim, o alcance de valores de PEEP mais elevados, em pacientes que assim a demandem.

Teoricamente, o aumento da PEEP deveria resultar em um aumento da PIC, isto devido à pressão espinal aumentada, reduzindo o retorno do fluxo

cérebro-espinhal, o retorno venoso cerebral e a PAM.⁹
¹¹ Este fato foi considerado no estudo de Georgiadis *et al*, onde estes descreveram que a aplicação de uma PEEP resulta em alterações relevantes, quando influenciam negativamente os valores da PAM e da PPC, sendo estes acontecimentos observados, com frequência, quando os pacientes apresentavam valores baixos de PVC. Logo, estes concluem que, quando possível, o aumento da PVC, sendo este tolerado pelo pacientes sem repercussões, poderá facilitar a elevação dos valores da PEEP, sem transtornos pressóricos.¹²

Outros estudos envolvendo pacientes com hipertensão intracraniana também demonstraram aumento da PIC em função de valores aplicados de PEEP, sendo observada por alguns autores a redução significativa da PPC.¹³⁻¹⁵ Porém, outros autores relatam somente uma alteração na PIC e PPC, sem relevância clínica.¹⁶ No estudo realizado por Frost, não foi observado aumento da PIC nem alterações no débito cardíaco e na pressão arterial, mesmo com valores de PEEP muito elevados.¹⁷

Em nosso estudo, observamos que a variabilidade dos valores médios da PAM ($94,6 \pm 7,9$ a $85,7 \pm 7,9$ mmHg) não foi suficiente para comprometer, significativamente, a variação dos valores médios da PPC, mesmo com uma variação dos valores médios da PIC, em função do aumento da PEEP (5 a 20 cmH₂O). Atribuímos este fato à manutenção de valores da PAM e à estabilidade hemodinâmica encontrada em nosso grupo de estudo, o que proporcionou alcançarmos valores mais elevados de PEEP e prevermos alterações pressóricas sistêmicas, porém sustentando valores de aceitabilidade, já mencionados neste estudo. O fato de aumentarmos a PEEP e termos como resultante a queda nos valores médios de PAM, não comprometeu significativamente a PPC, o que acreditamos ter otimizado a função pulmonar, sem afetarmos as áreas de lesão secundária ou de penumbra, que porventura sofreriam com uma queda acentuada da perfusão cerebral. De modo semelhante, o aumento dos valores médios da PIC, em função da variação da PEEP, proporcionou um aumento na pressão intracraniana, o que era esperado e descrito na literatura científica,¹² porém sem que este aumento alcançasse valores intoleráveis determinados, no nosso estudo, em 20 mmHg, por um período máximo de 1 minuto.

Um fator que deve ser enfatizado e que pode ter contribuído de forma insatisfatória para os resultados, em nosso estudo, é o tempo de aplicação e variação da PEEP. O tempo de 1 minuto para variação dos valores da PEEP foi estabelecido, no intuito de minimizar os efeitos adversos que poderiam se apresentar em decorrência de ajustes mais elevados da PEEP. Ressaltamos que, possivelmente, seria necessário um tempo maior de permanência entre os valores atribuídos de PEEP, a fim de detectar, com maior precisão, as alterações pressóricas cerebrais e sistêmicas.

Observamos, em nosso estudo, a importância da manutenção de protocolos independentes da ventilação mecânica, porém que a favorecem, implicando em melhor condição sistêmica para o paciente com HIC, como no caso a cabeceira a 30 graus e cabeça retificada. Este procedimento foi adotado durante nosso estudo e acreditamos que o posicionamento adequado destes pacientes reduziu a PIC, favorecendo a perfusão cerebral. Este fato é confirmado no estudo de Lodrini *et al*, que relataram melhores resultados quando os pacientes se encontravam com a cabeceira elevada a 30 graus, sendo que esta posição previne a transmissão da pressão intratorácica para os conteúdos intracranianos, principalmente pelo colapso das veias jugulares.¹⁸

Ainda que dados de mecânica pulmonar, determinados à beira do leito, não façam parte direta deste estudo, esses valores foram estimados em todos os pacientes envolvidos no estudo, o que é feito de forma protocolar em nosso serviço. Enfatizamos que não se observou nenhuma alteração relevante nos valores aferidos de complacência (C) e resistência (R), fato este que contribuiu para melhores valores em relação à PmVA, resultando em menores pressões intratorácicas e favorecendo a PPC. Provavelmente os pacientes que se encontram com valores alterados de mecânica pulmonar apresentem maiores repercussões pressóricas sistêmicas, resultantes do aumento da PEEP. Entretanto, o estudo de Caricato *et al* relatou que, nos pacientes com baixa complacência, a PEEP não teve efeito significativo sobre a hemodinâmica cerebral e sistêmica.²⁸

Prontamente enfatizamos que pacientes com HIC em ventilação mecânica devem ser monitorados em relação à mecânica pulmonar, a fim de obtermos melhores resultados na ventilação e na perfusão sistêmica, bem como ser parte integrante do acompanhamento das variações pressóricas sistêmicas em função das variações de PEEP.¹⁹

Embora a análise gráfica evidencie um aumento da PIA em decorrência do aumento da PEEP, uma outra dependência que seja “não linear” pode existir. Este fato foi observado por Sturini *et al*, que avaliaram 66 pacientes, com e sem hipertensão intra-abdominal, e não encontraram relacionamento linear entre os parâmetros de pressão intra-abdominal e complacência dinâmica, nem entre a PEEP e a pressão intra-abdominal.²⁹

Os valores das pressões abdominais alteram as propriedades da mecânica pulmonar, principalmente quando seus valores alcançam 27 mmHg (20 cmH₂O), o que pode influenciar a função cardiovascular e pulmonar.²⁰ Porém, devido à elevada complacência abdominal, encontramos maior dificuldade em observar as influências das pressões intratorácicas nas pressões intra-abdominais, o que foi constatado em nosso estudo, uma vez não foram relatados valores de PIA maiores do que 27 mmHg, mesmo quando os indivíduos foram submetidos a uma PEEP de 20 cmH₂O. Acreditamos que os valores aumentados da pressão intratorácica,

pelo aumento da PEEP, se dissipem pelo diafragma e estrutura abdominal e que sejam absorvidos pela ampla complacência pertinente a este conteúdo.^{25,29} No estudo de Pelosi *et al* (1999), foi demonstrado que os pacientes em ventilação mecânica apresentavam aumento e variação dos valores da PIA. Neste grupo de pacientes, os autores encontraram valores próximos de 12 mmHg ($9 \pm 2,4$ cmH₂O), em decorrência da transmissão da PIT, a qual se eleva com a ventilação com pressão positiva e é transmitida ao diafragma para o conteúdo abdominal.²⁰ É esperado que o aumento da pressão intra-abdominal (HIA) proporcione maiores repercussões torácicas do que o oposto.²⁷ Em nosso estudo, constatamos que a elevação nos valores da PEEP produz um aumento na PIT, observado pelos valores da PmVA, com concomitante elevação dos valores de pressão de platô, o que determinou uma transferência pressórica e um aumento dos valores de PIA, sem relevância clínica, uma vez que os pacientes se encontravam com valores de PIA normais.

É importante enfatizar que não analisamos os efeitos da PEEP em relação à PIA, em pacientes com HIA.

Em última análise, observamos o efeito da pressão positiva sobre a pressão de perfusão abdominal, a qual apresentou uma redução significativa ($p < 0,0001$), quando os valores de PEEP foram aumentados, porém sem grande valor funcional. Embora os valores da PPA tenha sofrido um decréscimo, em relação aos valores crescente da PEEP, seus valores permaneceram dentro dos estabelecidos como aceitáveis, não comprometendo as estruturas abdominais. Atribuímos este fato à influência direta da pressão intratorácica, com queda da PAM e significativa redução da perfusão abdominal devido à redução do aporte sanguíneo para o abdome. Acreditamos que o maior efeito sobre a PPA esteja presente em pacientes com HIA, podendo esta influenciar mais intensamente os valores torácicos e encefálicos.^{22,27} O aumento da PIA promove elevação do diafragma e, conseqüentemente, aumento da pressão intratorácica, que se traduz por aumento da PVC, em razão da compressão direta sobre as veias cavas.²⁷ Embora ocorra aumento da PVC, observa-se um retorno venoso reduzido (PIA superior a 15 mmHg), devido

ao aumento da resistência vascular venosa no nível do tórax e do abdome, levando à diminuição do fluxo sanguíneo das cavas e dos vasos retroperitoneais.^{23,24}

A principal limitação deste estudo é o número pequeno de pacientes avaliados. Ainda ressaltamos que uma conexão entre as variáveis deste estudo e a análise anatomotopográfica, através do exame de imagem computadorizada, bem como a análise do *doppler* transcraniano nas mensurações de fluxo e velocidade de fluxo sanguíneo cerebral, poderiam permitir dados mais conclusivos a respeito das repercussões e sua correlação com a área encefálica afetada. Outro ponto que deve ser considerado é o tempo de 1 minuto utilizado entre os valores de PEEP. Este parece reduzido e pode ter influenciado, de forma direta, os resultados. No estudo de Georgiadis *et al*, estes descrevem que o tempo de 5 minutos entre as variações nos valores da PEEP permitiria uma estabilização da CRF e da oxigenação.^{12,26} Ainda lembramos que os valores de PEEP não seguiram uma harmonia numérica, sendo distribuídos de forma aleatória em nosso protocolo; porém, estamos conscientes que valores harmônicos da PEEP (pares ou ímpares), possam delinear melhor o estudo.

Nosso estudo teve o objetivo de descrever as principais alterações pressóricas sistêmicas observadas em UTI, sem a pretensão de estabelecer uma conformidade ou diretriz sobre este assunto, em vista da existência de uma variedade de protocolos estabelecidos e também da individualidade da gravidade de cada paciente, em diferentes unidades de terapia intensiva

Finalizamos indicando que parece ser possível a elevação da PEEP em pacientes com HIC, sem que valores de pressão perfusionais e pressão compartimental sejam, significativamente, comprometedores à condição do paciente. Porém, a margem de segurança deve ser sempre a monitorização permanente destes pacientes, durante todas as condutas, principalmente no aumento dos valores da PEEP, a fim de que a qualquer momento seja possível decidir sobre quais valores pressóricos desejamos alcançar. Estudos futuros envolvendo estas variáveis podem trazer resultados mais esclarecedores para a prática diária em UTI.

REFERÊNCIAS

- Gabriel EJ, Jamshid G, Jagoda A, et al. Guidelines for Prehospital Management of Traumatic Brain Injury. Brain Trauma Foundation 2000. p.1-82.
- Langlois JA, Rutland-Brown W, Thomas KE. Traumatic brain injury in the United States: emergency department visits, hospitalizations, and deaths. Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services, CDC, 2004.
- Kraus JF, McArthur DL. Epidemiology of brain injury. In: Evans RW (ed). Neurology and trauma. Philadelphia: WB Saunders Company, 1996. p.3-17.
- Truelle JL. Le traumatisme crânien grave: un handicap singulier. Réadaptation 1987;344:6-8.
- Santos ME, Sousa L, Castro-Caldas A. Epidemiologia dos traumatismos crânio-encefálicos em Portugal. Acta Médica Portuguesa 2003;16:71-6.
- Kron IL, Harman PK, Nolan SP. The measurement of intraabdominal pressure as a criterion for abdominal re-exploration. Ann Surg 1984;199(1):28-30.
- Cheatham ML, White MW, Sagraves SG, Johnson JL, Block EFJ. Abdominal perfusion pressure: a superior parameter in the assessment of intraabdominal hypertension. J Trauma 2000;49:621-6.
- McGuire G, Crossley D, Richards J, Wong D. Effects of varying levels of positive end-expiratory pressure on intracranial pressure and cerebral perfusion pressure. Crit Care Med 1997;25:1059-62.
- Toung TJK, Aizawa H, Traystman RJ. Effects of positive end-expiratory pressure ventilation on cerebral venous pressure with head elevation in dogs. J Appl Physiol 2000;88:655-61.
- McGuire G, Crossley D, Richards J, Wong D. Effects of varying

- levels of positive end-expiratory pressure on intracranial pressure and cerebral perfusion pressure. *Critical Care Medicine* 1997;25(6):1059-62.
11. Doblár DD, Santiago TV, Kahn AU, Edelman NH. The effect of positive end-expiratory pressure ventilation (PEEP) on cerebral blood flow and cerebrospinal fluid pressure in goats. *Anesthesiology* 1981;55:244-50.
 12. Georgiadis D, Schwarz S, Baumgartner RW, Veltkamp R, Schwab S. Influence of positive end-expiratory pressure on intracranial pressure and cerebral perfusion pressure in patients with acute stroke. *Stroke* 2001;32:2088-92.
 13. Apuzzo MLJ, Weiss MH, Petersons V, Small B, Kurze T, Heiden JS. Effect of positive end expiratory pressure ventilation on intracranial pressure in man. *J Neurosurg* 1977;46:227-32.
 14. Cooper KR, Boswell PA, Choi SC. Safe use of PEEP in patients with severe head injury. *J Neurosurg* 1985;63:552-5.
 15. Shapiro HM, Marshall LF. Intracranial pressure responses to PEEP in head-injured patients. *J Trauma* 1978;18:254-6.
 16. Huseby JS, Luce JM, Cary JM, Pavlin EG, Butler J. Effects of positive end-expiratory pressure on intracranial pressure in dogs with intracranial hypertension. *J Neurosurg* 1981;55:704-7.
 17. Frost EA. Effects of positive end-expiratory pressure on intracranial pressure and compliance in brain-injured patients. *J Neurosurg* 1977;47:195-200.
 18. Lodrini S, Montolivo M, Pluchino F, Borroni V. Positive end-expiratory pressure in supine and sitting positions: its effects on intrathoracic and intracranial pressures. *Neurosurgery* 1989;24:873-7.
 19. Caricato A, Conti G, Corte FD; Mancino A, Santilli F, Sandroni C, et al. Effects of PEEP on the intracranial system of patients with head injury and subarachnoid hemorrhage: the role of respiratory system compliance. *J Trauma-Injury Infection & Critical Care* 2005;58(3):571-6.
 20. Saggi BH, Bloomfield GL, Sugerman HJ, et al. Treatment of intracranial hypertension using nonsurgical abdominal decompression. *J Trauma* 1999;46:646-51.
 21. Pelosi P, Ravagnan I, Giurati G, et al. Positive end-expiratory pressure improves respiratory function in obese but not in normal subjects during anesthesia and paralysis. *Anesthesiology* 1999;91:1221-31.
 22. Bloomfield GL, Ridings PC, Blocher CR, Marmarou A, Sugerman HJ. A proposed relationship between increased intra-abdominal, intrathoracic, and intracranial pressure. *Crit Care Med* 1997;25(3):496-503.
 23. Kashtan J, Green JF, Parsons EQ, Holcroft JW. Hemodynamic effects of increased abdominal pressure. *J Surg Res* 1981;30(3):249-51.
 24. Robotham JL, Wise RA, Bromberger-Barnea B. Effects of changes in abdominal pressure on left ventricular performance and regional blood flow. *Crit Care Med* 1985;13(10):803-9.
 25. Guimarães HP, Gazoni FM, Lopes RD, Schneider AP, Yung L, Leal Rocha PH, et al. Efeitos da pressão positiva no final da expiração orientada pela análise da complacência estática do sistema respiratório sobre a pressão intra-abdominal. *Rev Soc Bras Clín Méd* 2008;6(5):172-6.
 26. Rose DM, Downs JB, Heenan TJ. Temporal responses of functional residual capacity and oxygen tension to changes in positive end-expiratory pressure. *Crit Care Med* 1981;9:79-82.
 27. Luce JM, Huseby JS, Kirk W, et al. Mechanism by which positive end-expiratory pressure increases cerebrospinal fluid pressure in dogs. *J Appl Physiol* 1982;52:231-5.
 28. Caricato A, Conti G, Della Corte F, Mancino A, Santilli F, Sandroni C, Proietti R, Antonelli M. Effects of PEEP on the intracranial system of patients with head injury and subarachnoid hemorrhage: the role of respiratory system compliance. *J Trauma* 2005;58(3):571-6.
 29. Sturini E, Saporito A, Sugrue M, Parr MJA, Bishop G, Braschi A. Respiratory variation of intra-abdominal pressure: indirect indicator of abdominal compliance? *Intensive Care Med* 2008;34:1632-37.