

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA, FISIOTERAPIA E DANÇA
BACHARELADO EM FISIOTERAPIA**

Julia Schnarndorf Japur

**RELAÇÃO ENTRE AS PRESSÕES GERADAS POR DIFERENTES DISPOSITIVOS
DE PRESSÃO EXPIRATÓRIA POSITIVA**

Porto Alegre

2018

Julia Schnarndorf Japur

**RELAÇÃO ENTRE AS PRESSÕES GERADAS POR DIFERENTES DISPOSITIVOS
DE PRESSÃO EXPIRATÓRIA POSITIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Fisioterapia da
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul como requisito parcial para obtenção
do título de Bacharela em Fisioterapia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Graciele Sbruzzi

Co-orientadores: Dr^a. Fernanda M. Balzan e Ft. Fernando N. Vieira

Porto Alegre

2018

Resumo

Introdução: A pressão expiratória positiva (PEP) é uma forma de terapia respiratória que adiciona resistência à expiração, podendo ser ofertada por diferentes dispositivos. No entanto, existem poucos estudos comparando as pressões geradas por estes.

Objetivos: Verificar a diferença e a correlação entre as pressões geradas por diferentes dispositivos geradores de PEP em diferentes fluxos.

Métodos: Estudo transversal. A amostra foi composta por três dispositivos geradores de PEP [válvula *spring load*, dispositivo pneumático artesanal (DPA) e coluna d'água], conectados a um ventilador mecânico que ofertava diferentes fluxos (10-70 L/min). Foram realizadas 60 medições de cada pressão gerada pelos dispositivos em cada fluxo, sendo que a ordem dos fluxos foi randomizada. A pressão gerada em cada fluxo foi registrada por um sistema de aquisição de sinais de pressões.

Resultados: Observou-se que no fluxo de 10 L/min o DPA gerou maior fluxo comparado à coluna d'água ($p < 0,05$), e ambos não diferiram da válvula *spring load*. No fluxo de 20 L/min, todos os dispositivos diferiram entre si ($p < 0,05$). Em relação aos demais fluxos (≥ 30 L/min), tanto o DPA quanto a coluna d'água geraram pressões superiores a válvula *spring load* ($p < 0,005$), enquanto que a coluna d'água gerou pressões superiores ao DPA ($p < 0,05$). Tanto a válvula *spring load* como o DPA, em todos os fluxos, geraram pressões estáveis, enquanto que a coluna d'água só conseguiu reproduzir este comportamento nos fluxos de 10 e 20 L/min, sendo que nos demais fluxos apresentou um comportamento oscilatório. Por fim, foi observada correlação forte e positiva das pressões geradas pelos três dispositivos de PEP.

Conclusão: Os dispositivos artesanais mostraram diferenças nas pressões geradas quando comparados a válvula *spring load*, mas nos fluxos de 10 e 20 L/min, se comportaram dentro da faixa terapêutica esperada com o uso da PEP, gerando pressões entre 10 a 20 cmH₂O. Além disso, existe correlação positiva entre os fluxos ofertados e as pressões geradas pelos dispositivos.

Palavras-chave: Fisioterapia; Terapia Respiratória; Respiração com Pressão Positiva.

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	5
2. ARTIGO CIENTÍFICO	6
REFERÊNCIAS	19
TABELAS	23
FIGURAS	24
APÊNDICES	28
Apêndice A - Confecção do Dispositivo Pneumático Artesanal	28
ANEXOS	29
Anexo A - Normas da revista BJPT	29
Anexo B - POP sobre a confecção de coluna d'água	34

1. APRESENTAÇÃO

Este estudo trata-se do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Fisioterapia da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito para obtenção da graduação em Bacharelado em Fisioterapia.

Espera-se, com este estudo, avaliar dispositivos artesanais geradores PEP, sendo esses de baixo custo, fácil confecção e manuseio, em comparação com os dispositivos comerciais geradores de PEP. Apesar de seu amplo uso na terapêutica assistencial, ainda são poucos os estudos que mostram o comportamento das pressões geradas em função do fluxo ofertado e, também, de que maneira é gerada a pressão (estável ou oscilatória) nesses dispositivos. Portanto, esse estudo busca esclarecer os mecanismos e comportamento dos dispositivos artesanais e comerciais geradores de PEP, para uma terapêutica com maior acurácia. Para mais da aplicabilidade clínica desse estudo, ele dá oportunidade para desenvolvimento de pesquisas futuras em humanos.

O artigo será submetido à Revista Brazilian Journal of Physical Therapy (BJPT) (Fator de Impacto: 1.699; Qualis A2) e está redigido de acordo com as normas da mesma (Anexo A).

2. ARTIGO CIENTÍFICO

RELAÇÃO ENTRE AS PRESSÕES GERADAS POR DIFERENTES DISPOSITIVOS DE PRESSÃO EXPIRATÓRIA POSITIVA

Título resumido: Pressões geradas por dispositivos de pressão expiratória positiva.

Julia Schnarndorf Japur¹, Fernanda Machado Balzan², Fernando Nataniel Vieira², Augusto Savi², Graciele Sbruzzi^{1,2}

¹ Curso de Fisioterapia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

² Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre, RS, Brasil.

Autora correspondente:

Graciele Sbruzzi, ScD

Rua Felizardo, nº 750 - Jardim Botânico - Porto Alegre / RS

(51) 3308.5804 / 3308.5885

graciele.sbruzzi@ufrgs.br

Palavras-chave: Fisioterapia; Terapia Respiratória; Respiração com Pressão Positiva.

Keywords: Physical Therapy; Respiratory Therapy; Positive-Pressure Respiration.

Abstract

Objective: To determine the differences and correlations between the pressures generated when a range of flows were applied to three PEP devices.

Methods: Cross-sectional study. Pressure measurements in different flow rates (10–70 L/min) from a mechanical ventilator were compared between a commercial PEP device, a therapist-made pneumatic device (DPA) and a PEP bottle. Sixty measurements of each pressure, generated by the devices in each flow, were made. The flow order used was randomized. The pressure generated in each flow was recorded by a pressure signal acquisition system.

Results: It was observed, in the flow of 10 L/min, that the DPA generated a bigger flow compared to the PEP bottle and neither differed from the spring load valve ($p < 0,05$). With the flow of 20 L/min, all devices differed from each other ($p < 0,05$). The other flows (≥ 30 L/min), both the DPA and the PEP bottle generated pressures higher than the spring load valve ($p < 0,005$), while the PEP bottle generated higher pressures than the DPA ($p < 0,05$). Both the spring load valve and the DPA in all flows generated stable pressures, whereas the PEP bottle could only reproduce this behaviour in flows of 10 and 20 L/min, assuming an oscillatory behaviour in the rest of the flows. Finally, a strong and positive correlation was observed between the pressures generated by the three PEP devices.

Conclusions: Therapist-made devices showed differences in the pressures generated when compared to the spring load valve, but in the flows of 10 and 20 L/min, behaved within the therapeutic range with PEP, generating pressures of 10 to 20 cmH₂O. In addition, there is a positive correlation between the flows offered and the pressures generated by the devices.

Keywords: Physical Therapy Specialty; Respiratory Therapy; Positive-Pressure
Respiration

HIGHLIGHTS

Há uma correlação positiva entre as pressões geradas em diferentes fluxos.

No fluxo de 10 L/min os dispositivos artesanais não diferiram da válvula *spring load*.

A partir do fluxo de 20 L/min todos os dispositivos diferiram entre si.

Nos fluxos ≥ 30 L/min os dispositivos artesanais geram pressões superiores a válvula.

Todos dispositivos geraram pressões na faixa terapêutica nos fluxos de 10 e 20L/min.

INTRODUÇÃO

Na rotina assistencial fisioterapêutica em ambientes hospitalares, há um amplo uso dos dispositivos de pressão expiratória positiva (PEP), comerciais e artesanais, como forma de terapia respiratória. A PEP visa adicionar resistência à expiração ¹. Esta terapia tem como efeito alterar o ponto de igual pressão (onde as pressões intraluminais e extraluminais se igualam através da via aérea) buscando maximizar o fluxo de ar, facilitar a troca de gás e evitar o colapso das vias aéreas ^{2,3}. A terapia com PEP possui três indicações principais: aumento dos volumes pulmonares, redução da hiperinsuflação e auxílio na higiene brônquica ⁴⁻⁶. Em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica, por exemplo, a técnica de PEP é frequentemente usada com objetivo de reduzir o aprisionamento de ar e promover o deslocamento de secreção ^{2,7-10}. Além disso, a PEP é utilizada no pós-operatório para aumentar os volumes pulmonares, diminuir atelectasias e promover a remoção de secreção ¹¹⁻¹³

Como objetivos secundários desses dispositivos, se tem a redução de infecções recorrentes e melhora da função pulmonar, além de facilitar a troca de gases, reduzindo assim o impacto da progressão da doença ^{5,6,10,14}. Porém, com o uso de dispositivos confeccionados artesanalmente não há garantia de que as pressões geradas permitam o alcance de tais objetivos.

Há estudos que avaliaram a geração de pressão de dispositivos artesanais em diferentes fluxos, como Dagan *et al.*, 2014, que demonstrou que um dispositivo de PEP improvisado (“*blow glove*”) foi capaz de produzir níveis de 10-20 cmH₂O de PEP para 70% dos fluxos utilizados (10-80 L/min). No estudo de Santos *et al.*, 2017, o dispositivo Bubble-PEP-3cm apresentou uma alteração mínima na pressão com fluxo crescente, enquanto o Therabubble apresentou a maior variação de pressão com diferentes fluxos.

Ainda, existem estudos que avaliam a maneira de confeccionar a coluna d'água, como Mestriner *et al.*, 2009, onde mostrou que o diâmetro interno do tubo e do orifício de escape de ar devem ser ≥ 8 mm para gerar um sistema onde a pressão não exceda a pressão da coluna d'água independente do fluxo. Já Boden *et al.*, 2017, evidenciou que um tubo PEP construído a partir de tubos de oxigênio de diâmetro interno de 4 mm funciona como um dispositivo de PEP regulado por fluxo, no entanto, utilizando um comprimento de tubo ≥ 60 cm ele pode fornecer uma PEP de 10-20 cmH₂O ao longo de fluxos de 4 a 11 L/min. Porém, no nosso conhecimento, não existe nenhum estudo que comparou a válvula *spring load* (considerada padrão ouro) com estes dispositivos artesanais.

Dessa forma, devido ao amplo uso assistencial hospitalar e ao pouco número de artigos sobre o assunto, existe a necessidade de maior compreensão do comportamento desses dispositivos geradores de PEP para confecção e aplicação de forma apropriada. Assim, esse estudo objetiva verificar a diferença e a correlação entre as pressões geradas por diferentes dispositivos geradores de PEP em diferentes fluxos.

MÉTODOS

Este estudo experimental foi realizado no Serviço de Emergência do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), no período de Julho de 2018, e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do HCPA sob número 18-0233 (CAAE: 83546118.7.0000.5327).

Dispositivos

Três dispositivos foram investigados neste estudo (Figura 1). O dispositivo 1 constituiu-se de uma válvula *spring load*, com resistor com ajuste pressórico entre 5 e 20 cmH₂O. O dispositivo 2, de um dispositivo pneumático artesanal (DPA) capaz de gerar PEP pela ação de uma membrana pressurizada que resiste a saída de ar. A pressão exercida na membrana é o resultado do volume de ar pressurizado em um reservatório de látex. Na confecção desse dispositivo foram produzidas saídas de ar do fluxo aplicado pelo equipamento (conforme descrito no suplemento 1 deste artigo), sendo uma destas saídas constituída por uma membrana pressurizada, exercendo assim o trabalho de válvula desse dispositivo. Em uma extremidade de saída, foi acoplada uma cânula de 3 vias com propósito de regular e manter a pressão pré-estabelecida nesta membrana. E o dispositivo 3, de uma coluna d'água, confeccionada de acordo com o Procedimento Operacional Padrão do Serviço de Fisioterapia do HCPA (Anexo B). Foi utilizado um frasco de nutrição enteral de 500 ml, preenchido com 10 cm de altura de água, com um orifício na lateral com diâmetro 10 mm e foi inserido um tubo de silicone com diâmetro 10 mm e comprimento de 20 cm. Os três dispositivos investigados foram ajustados para gerar a mesma pressão (10 cmH₂O).

Desfechos

Foi adotado como desfecho as pressões geradas pelos dispositivos geradores de PEP (válvula *spring load*, DPA e coluna d'água), em diferentes fluxos.

Configuração do experimento

Para o experimento, os dispositivos geradores de PEP [válvula *spring load*, DPA e coluna d'água] foram conectados a um equipamento de ventilação mecânica

Monnal T60[®] para oferta de fluxos distintos previamente estabelecidos e setados pelo avaliador, sendo estes: 10, 20, 30, 40, 50, 60 e 70L/min. A pressão gerada em cada fluxo foi registrada por um sistema de aquisição de sinais de pressões elaborado pelo Serviço de Engenharia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre. Uma peça T permitiu a conexão entre o equipamento utilizado para geração de fluxo (na porta de exalação do ventilador mecânico), dispositivo e sistema de aquisição de sinais de pressões (Figura 2).

Foram realizadas 60 medições por pelo menos 10 segundos, para manter um valor estável, de cada pressão gerada pelos dispositivos em cada fluxo, com uma ordem de fluxos randomizada. Os medidores foram calibrados antes dos experimentos e as conexões cuidadosamente examinadas no sistema dos dispositivos para garantir que não houvesse vazamentos de ar.

Randomização

A técnica de randomização foi realizada por meio de dados gerados no programa de computador *randomization.com*.

Cálculo amostral

A amostra foi estimada, utilizando o software Gpower 3.1.7, com base na família de testes z (correlação de Pearson) admitindo um teste bicaudal, assumindo como hipótese nula uma correlação de 0,4, uma expectativa de correlação moderada ($r=0,7$), um $\alpha=0,05$ e um poder de 80%, resultando em uma amostra mínima de 59 amostras.

Análise estatística

Os valores foram descritos como média e desvio padrão; a comparação das pressões geradas entre os dispositivos e os fluxos foi avaliada pelo teste de equações de estimação generalizadas (GEE) com post-hoc de Bonferroni e a correlação entre essas variáveis foi avaliada pelo teste de Correlação de Pearson, utilizando o software Statistical Package for Social Sciences (SPSS) versão 20.0 para Windows. Foi considerado significativo um valor de $p < 0,05$.

Foram realizados 60 registros de pressões em cada fluxo (420 registros por dispositivos). A pressão média de cada aquisição foi calculada a partir da soma dos picos de pressões máximas dividido pelos picos de pressões mínimas. Para análise estatística foi utilizada a média e o desvio padrão dos 60 registros de pressões médias para cada fluxo em cada dispositivo.

RESULTADOS

As pressões geradas pelo DPA e pela coluna d'água diferiram significativamente no fluxo de 10 L/min ($p < 0,05$), porém não diferiram da válvula *spring load* e apresentaram pouca relevância na magnitude de pressão entre essas. No fluxo de 20 L/min, todos os dispositivos difeririam entre si. Em relação aos demais fluxos (30, 40, 50, 60 e 70L/min), tanto o DPA quanto a coluna d'água geraram pressões maiores que a válvula *spring load* ($p < 0,005$), com a coluna d'água produzindo pressões mais superiores ($p < 0,05$) (Tabela 1).

Foi observado que o fluxo ≥ 30 L/min causou derramamento de água do frasco do dispositivo coluna d'água, porém a água foi constantemente abastecida para manutenção inicial da altura da água de 10 cm.

Já em relação ao comportamento das pressões geradas a cada fluxo (Figura 3), na válvula *spring load* e no DPA, em todos os fluxos (10 a 70 L/min) a pressão

gerada forma um platô do valor estável. Enquanto a coluna d'água só consegue reproduzir este comportamento nos fluxos de 10 e 20 L/min, e nos demais fluxos (30 a 70 L/min) a pressão assume um comportamento mais oscilatório.

Em todos os dispositivos, o fluxo afetou significativamente a pressão gerada (válvula *spring load* x DPA: $r=0,918$, $p=0,003$; válvula *spring load* x coluna d'água: $r=0,910$, $p=0,004$; DPA x coluna d'água: $r=0,997$, $p=0,000$), observando-se uma correlação forte e positiva das pressões geradas pelos três dispositivos. Entretanto, verificou-se que, conforme o aumento do fluxo, a pressão gerada pela válvula *spring load* apresentou um comportamento linear e mais estável (alteração somente de 16% do fluxo de 10L/min para 70L/min) enquanto que a pressão gerada pelo DPA e pela coluna d'água apresentaram um crescimento com comportamento de tendência exponencial além de valores superiores (aumento de 151% e 247%, respectivamente, do fluxo de 10L/min para 70L/min) (Figura 4).

DISCUSSÃO

Nosso estudo comparou os níveis de pressões geradas por dispositivos artesanais (DPA e coluna d'água) e comerciais (válvula *spring load*) através de uma variada gama de fluxos (10 a 70 L/min), utilizando um ventilador mecânico. Os resultados demonstraram que a válvula *spring load* teve a menor alteração na pressão com o aumento do fluxo (16%), enquanto a coluna d'água apresentou a maior variação na pressão com o aumento do fluxo (247%). O DPA, também apresentou variações na pressão com aumento do fluxo (151%), porém com menor magnitude quando comparadas com a coluna d'água.

Embora a válvula *spring load*, o DPA e a coluna d'água gerarem diferentes pressões com fluxo crescente, essas diferenças não são relevantes na prática

assistencial, com base no fato que o fluxo médio utilizado com a técnica de PEP em indivíduos saudáveis é de aproximadamente 18-19 L/min¹⁵⁻¹⁷ e que se recomenda utilizar pressões de PEP de 10 a 20 cmH₂O¹⁸. Portanto, os três dispositivos geraram pressões ótimas para terapêutica com PEP, uma vez que as pressões excedentes a 20 cmH₂O foram geradas nos fluxos de 60 L/min, para o DPA e 50 L/min para a coluna d'água.

Os resultados de variações na pressão com aumento do fluxo do DPA, se assemelham aos resultados encontrados em um estudo que documentou os níveis de pressão gerados por dispositivo artesanal (*blow glove*) para diferentes valores de fluxo e volume e comparou os níveis de pressão produzidos com a de um dispositivo PEP comercial. O dispositivo "*blow glove*" produziu uma porcentagem significativamente maior de níveis de pressão do que o dispositivo comercial¹⁹.

É possível que a tendência de crescimento exponencial apresentado pelo DPA, tenha relação com o raio dos orifícios de exalação. Isto é, de acordo com a lei de *Hagen-Poiseuille* ($P = 8\eta lQ / \pi r^4$), onde a pressão é inversamente relacionada ao raio (r), e diretamente dependente da taxa do fluxo (Q) e o comprimento do tubo (l), sendo (η) a viscosidade do gás^{20, 21}. Esta equação destaca a forte relação do raio na resistência ao fluxo, ou seja, se reduzir o raio aumenta a resistência, assumindo que a velocidade seja constante^{22, 23}. Portanto, os dois fatores que podem influenciar o fluxo são o comprimento e o raio dos orifícios e tubo do DPA, gerando uma maior resistência e por consequência pressões maiores que o esperado.

Quando comparados os comportamentos em cada onda das pressões geradas, os dispositivos apresentaram comportamentos diferentes. A válvula *spring load* e o DPA mantiveram pressões estáveis em todos os fluxos (10-70 L/min), já a coluna d'água apresentou um comportamento oscilatório das pressões geradas nos fluxos

acima de 30 L/min. Apesar de não possuir a aferição da frequência de oscilação do dispositivo avaliado, nosso estudo pode se assemelhar com o estudo que avaliou a pressão e as oscilações geradas em diferentes fluxos (5-25 L/min) de cinco dispositivos geradores de PEP (dispositivos artesanais: Bubble-PEP-3cm e Bubble-PEP-10cm; dispositivos comerciais: AquaPEP, Hydrapep e Therabubble), onde todos os dispositivos investigados produziram frequências de oscilação entre 11 e 17 Hz ²⁴.

As diferenças manifestadas pela coluna d'água podem ser explicadas pelo aumento de geração de bolhas e seus diferentes tamanhos, reproduzindo um comportamento oscilatório e aumentando a resistência ao fluxo. Fato que também está relacionado com o observado no presente estudo da maior variação na PEP com o aumento do fluxo, mesmo em fluxos menores que 30 L/min. Apesar do nosso estudo ter respeitado as características de confecção da coluna d'água, de acordo com Mestriner *et al.*, 2009, com um tubo e orifício de escape ≥ 8 mm, para que as pressões geradas fossem iguais a altura da coluna de água independente do fluxo ofertado, não encontramos este resultado ³. Uma possível hipótese seria que em nosso estudo foi utilizado um sensor de pressão mais sensível que manômetro, mostrando dados mais acurados.

Tendo em vista o comportamento oscilatório da coluna d'água a partir do fluxo de 30 L/min, essa pode ser comparada a um dispositivo de pressão positiva oscilatória (OPEP), que oferece oscilações ao fluxo de ar ajudando a mobilizar e reduzir a viscosidade das secreções ²⁵. Como pode ser observado na tabela 1, a coluna d'água gerou pressões médias (cmH₂O) 13,98; 18,78; 22,90 nos fluxos (L/min) de 30, 40 e 50 respectivamente, podendo correlacionar com os achados de um estudo que avaliou as características dos dispositivos de OPEP atualmente disponíveis e determinou o fluxo e o volume pulmonar necessário para gerar e manter a pressão terapêutica. As

pressões médias e fluxos encontrados foram, respectivamente: Aerobika: 14,08 cmH₂O/ 41,9 L/min, Acapella: 14,25 cmH₂O/ 38,8 L/min, VibraPEP: 14,62 cmH₂O/ 25,7 L/min e vPEP: 13,18 cmH₂O/ 55,3 L/min ²⁶. Portanto, a coluna d'água pode ser uma alternativa para os pacientes que não conseguem corresponder às exigências do fluxo dos dispositivos OPEP, ou seja, atingir o fluxo necessário por 3-4s, pois responde com pressões desejadas para a faixa terapêutica com fluxos menores que os dispositivos descritos acima.

A principal limitação deste estudo é que os dispositivos foram testados usando um ventilador mecânico com fluxos precisos e constantes, que não são necessariamente reproduzíveis em humanos e tornando-se, também, de difícil inferência para prática assistencial, já que o estudo não testou os dispositivos em humanos. Pesquisas futuras devem avaliar a segurança, eficácia e facilidade de uso de dispositivos geradores de PEP artesanais e comerciais na prática assistencial hospitalar.

CONCLUSÃO

Os dispositivos artesanais (dispositivo pneumático artesanal e coluna d'água) geraram pressões superiores quando comparados a válvula *spring load*, mas nos fluxos de 10 e 20 L/min, se comportaram dentro da faixa terapêutica esperada com a utilização de PEP, gerando pressões entre 10 e 20 cmH₂O. Uma correlação forte e positiva foi observada em todos os dispositivos entre o fluxo ofertado e a pressão gerada. Além disso, a válvula *spring load* apresentou um comportamento que se assemelha ao crescimento linear quando comparada à resposta das pressões geradas pelos dispositivos artesanais.

REFERÊNCIAS

1. Christensen EF, Nedergaard T, Dahl R. Long-Term Treatment of Chronic Bronchitis with Positive Expiratory Pressure Mask and Chest Physiotherapy. *Chest*. 1990;97(3):645-50.
2. Olsén MF, Westerdahl E. Positive expiratory pressure in patients with chronic obstructive pulmonary disease--a systematic review. *Respiration*. 2009;77(1):110-8.
3. Mestriner RG, Fernandes RO, Steffen LC, Donadio MVF. Optimum design parameters for a therapist-constructed positive-expiratory-pressure therapy bottle device. *Respiratory care*. 2009;54(4):504-8.
4. Olsén MF, Lannefors L, Westerdahl E. Positive expiratory pressure - Common clinical applications and physiological effects. *Respir Med*. 2015;109(3):297-307.
5. Cabral EEA, Resqueti VR, Lima I, Gualdi LP, Aliverti A, Fregonezi GAF. Effects of positive expiratory pressure on chest wall volumes in subjects with stroke compared to healthy controls: a case-control study. *Braz J Phys Ther*. 2017;21(6):416-24.
6. Clini E. Positive expiratory pressure techniques in respiratory patients: old evidence and new insights. *Breathe*. 2009:153-9.
7. Nicolini A, Mascardi V, Grecchi B, Ferrari-Bravo M, Banfi P, Barlaschini C. Comparison of effectiveness of temporary positive expiratory pressure versus oscillatory positive expiratory pressure in severe COPD patients. *Clin Respir J*. 2018;12(3):1274-82.
8. Osadnik CR, McDonald CF, Miller BR, Hill CJ, Tarrant B, Steward R, et al. The effect of positive expiratory pressure (PEP) therapy on symptoms, quality of life and incidence of re-exacerbation in patients with acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease: a multicentre, randomised controlled trial. *Thorax*. 2014;69(2):137-43.

9. Herala M, Stålenheim G, Boman G. Effects of Positive Expiratory Pressure (PEP), Continuous Positive Airway Pressure (CPAP) and Hyperventilation in COPD Patients with Chronic Hypercapnea. *Upsala Journal of Medical Sciences*. 2010;100(3):223-32.
10. McIlwaine M, Button B, Dwan K. Positive expiratory pressure physiotherapy for airway clearance in people with cystic fibrosis. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015(6):CD003147.
11. Ricksten S-E, Bengtsson A, Soderberg C, Thorden M, Kvist H. Effects of periodic positive airway pressure by mask on postoperative pulmonary function. *Chest*. 1986;89(6):774-81.
12. Westerdahl E, Lindmark B, Eriksson T, Hedenstierna G, Tenling A. Deep-breathing exercises reduce atelectasis and improve pulmonary function after coronary artery bypass surgery. *Chest*. 2005;128(5):3482-8.
13. Pettersson H, Faager G, Westerdahl E. Improved oxygenation during standing performance of deep breathing exercises with positive expiratory pressure after cardiac surgery: A randomized controlled trial. *J Rehabil Med*. 2015;47(8):748-52.
14. Orman J, Westerdahl E. Chest physiotherapy with positive expiratory pressure breathing after abdominal and thoracic surgery: a systematic review. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2010;54(3):261-7.
15. Bodin P, Kreuter M, Bake B, Olsen MF. Breathing patterns during breathing exercises in persons with tetraplegia. *Spinal Cord*. 2003;41(5):290-5.
16. Olsén MF, Lönroth H, Bake B. Effects of breathing exercises on breathing patterns in obese and non-obese subjects. *Clinical Physiology*. 1999;19(3):251-7.

17. Sehlin M, Öhberg F, Johansson G, Winsö O. Physiological responses to positive expiratory pressure breathing: a comparison of the PEP bottle and the PEP mask. *Respiratory care*. 2007;52(8):1000-5.
18. Hilling L, Bakow E, Fink J, Kelly C, Sobush D, Southorn P. AARC Clinical Practice Guideline: use of positive airway pressure adjuncts to bronchial hygiene therapy. *Respiratory Care* 1993;38:516-21.
19. Dagan Y, Wiser I, Weissman O, Farber N, Hundeshagen G, Winkler E, et al. An Improvised "Blow Glove" Device Produces Similar PEP Values to a Commercial PEP Device: An Experimental Study. *Physiother Can*. 2014;66(3):308-12.
20. Hess DR, Fink JB, Venkataraman ST, Kim IK, Myers TR, Tano BD. The History and Physics of Heliox. *Respiratory Care*. 2006;51:608-12.
21. Dominelli PB, Sheel AW. Experimental approaches to the study of the mechanics of breathing during exercise. *Respir Physiol Neurobiol*. 2012;180(2-3):147-61.
22. Grinnan DC, Truitt JD. Clinical review: respiratory mechanics in spontaneous and assisted ventilation. *Critical Care*. 2005;9(5):472.
23. Banner MJ, Lampotang S, Boysen PG, Hurd TE, Desautels DA. Flow Resistance of Expiratory Positive-Pressure Valve Systems. *Chest*. 1986;90(2):212-7.
24. Santos MD, Milross MA, Eisenhuth JP, Alison JA. Pressures and Oscillation Frequencies Generated by Bubble-Positive Expiratory Pressure Devices. *Respir Care*. 2017;62(4):444-50.
25. Van Fleet H, Dunn DK, McNinch NL, Volsko TA. Evaluation of Functional Characteristics of 4 Oscillatory Positive Pressure Devices in a Simulated Cystic Fibrosis Model. *Respir Care*. 2017;62(4):451-8.

26. Morgan SE, Mosakowski S, Giles BL, Naureckas E. Bench Study Simulations: Matching Patient Effort to Four Different Oscillating Positive Expiratory Pressure for Airway Clearance Devices. *Respiratory Care*. 2018;63(Suppl 10).

TABELAS

Tabela 1- Pressões geradas em relação aos fluxos ofertados em cada dispositivo.

Fluxo (L/min)	D1 (cmH ₂ O)	D2 (cmH ₂ O)	D3 (cmH ₂ O)
10	9,98±0,14	10,30±0,74	9,76±0,34 ^c
20	10,63±0,34	12,05±0,61 ^a	11,26±0,32 ^{bc}
30	10,83±0,25	13,34±0,90 ^a	13,98±0,61 ^{bc}
40	10,92±0,30	15,27±1,17 ^a	18,79±0,79 ^{bc}
50	10,98±0,36	18,12±1,06 ^a	22,90±0,78 ^{bc}
60	11,35±0,42	21,75±0,72 ^a	28,07±1,34 ^{bc}
70	11,54±0,50	25,95±0,46 ^a	33,99±1,29 ^{bc}

Valores expressos como média e desvio padrão. D1: válvula *spring load*; D2: dispositivo pneumático artesanal; D3: coluna d'água. a: $p < 0,05$ entre D1 e D2; b: $p < 0,005$ entre D1 e D3; c: $p < 0,05$ entre D2 e D3.

FIGURAS



Figura 1. Ilustração dos dispositivos de pressão expiratória positiva testados. D1: válvula *spring load*; D2: dispositivo pneumático artesanal; D3: coluna d'água.

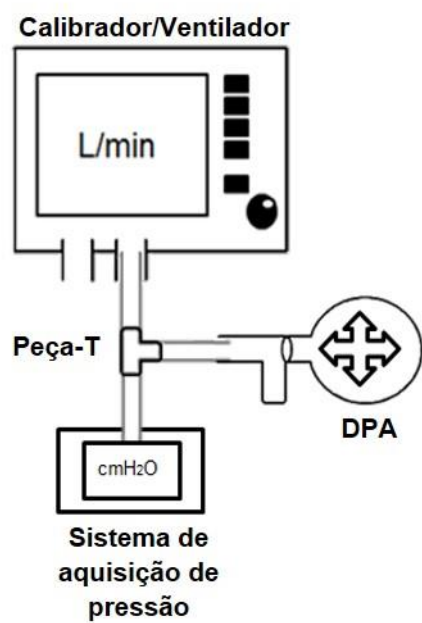


Figura 2. Configuração do experimento. DPA: dispositivo pneumático artesanal.



Figura 3. Comportamento das pressões geradas pelos dispositivos nos fluxos de 50, 10, 20, 40 e 70 L/min respectivamente. D1: válvula *spring load*; D2: dispositivo pneumático artesanal; D3: coluna d'água.

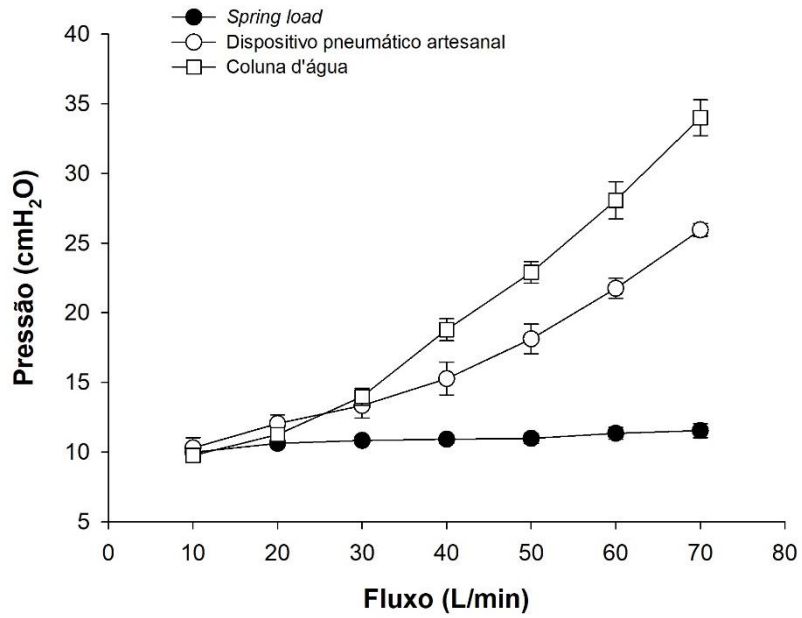


Figura 4. Relação das pressões geradas em relação ao fluxo ofertado para os três dispositivos: válvula *spring load*, dispositivo pneumático artesanal e coluna d'água. Barras de erro indicam desvio padrão.

APÊNDICES

Apêndice A - Confeção do Dispositivo Pneumático Artesanal

Dispositivo Pneumático Artesanal:

O dispositivo pneumático artesanal é capaz de gerar pressão expiratória positiva (PEP) pela ação de uma membrana pressurizada que resiste a saída de ar. A pressão exercida na membrana é o resultado do volume de ar pressurizado em um reservatório de látex (luva de procedimento).

Para confecção desse dispositivo devem ser utilizadas as seguintes peças: 1 traquéia plástica (peça corrugada + conexão 22 X 15 mm), 1 seringa 5 ml, 1 seringa 10 ml, 2 luvas de procedimento de látex, 1 cânula, 1 tesoura e 1 peça plástica em T.

Com objetivo de saída de ar exalado, devem ser confeccionados 4 furos equidistantes e do mesmo tamanho de uma ponta de tesoura na conexão 22 mm da traquéia. No interior desta peça, deve-se produzir uma extensão de aproximadamente 2 mm através da base da seringa de 5 ml descartável (sem o seu êmbolo), da qual retira-se, com uma tesoura, as ramificações de sua base além de corta-la em sua circunferência na marca de 4 ml.

Oclua essa saída com uma membrana pressurizada confeccionada com o dedo de uma luva G. O dedo de luva deve ser acoplado externamente na extremidade mais calibrosa da peça T a qual é conectada no interior da peça anteriormente descrita, assim o dedo da luva exerce o trabalho de válvula desse dispositivo.

Utilizando a base do corpo de uma seringa de 10 ml descartável, cortada em sua circunferência na marca de 9,5 ml, deve ser transpassada uma luva de látex tamanho PP. Fixe essa peça na saída de menor diâmetro (15 mm) do conector-T. Na extremidade de saída PP, acople uma cânula de 3 vias com propósito de regular e manter a pressão pré-estabelecida.

ANEXOS

Anexo A - Normas da revista BJPT

The Brazilian Journal of Physical Therapy (BJPT) publishes original research articles, reviews, and brief communications on topics related to physical therapy and rehabilitation, including clinical, basic or applied studies on the assessment, prevention and treatment of movement disorders. Our Editorial Board is committed to disseminate high-quality research in the field of physical therapy. The BJPT follows the principle of publication ethics included in the code of conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE). The BJPT accepts the submission of manuscripts with up to 3,500 words (excluding title page, abstract, references, tables, figures and legends). Information contained in appendices will be included in the total number of words allowed. A total of five (5) combined tables and figures is allowed.

Article structure

Subdivision - unnumbered sections: Divide your article into clearly defined sections. Each subsection is given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line. Subsections should be used as much as possible when crossreferencing text: refer to the subsection by heading as opposed to simply 'the text'.

Introduction: State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods: Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced.

Results: Results should be clear and concise.

Discussion: This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions: The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices: If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.

- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. You can add your name between parentheses in your own script behind the English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lowercase superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.

- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**

- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent

address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual structured abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Highlights: Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). You can view example Highlights on our information site.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These Keywords will be used for indexing purposes.

Acknowledgements: Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during

the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Math formulae: Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

Supplementary material

Supplementary material such as applications, images and sound clips, can be published with your article to enhance it. Submitted supplementary items are published exactly as they are received (Excel or PowerPoint files will appear as such online). Please submit your material together with the article and supply a concise, descriptive caption for each supplementary file. If you wish to make changes to supplementary material during any stage of the process, please make sure to provide an updated file. Do not annotate any corrections on a previous version. Please switch off the 'Track Changes' option in Microsoft Office files as these will appear in the published version.

References

Citation in text: Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference style

Text: Indicate references by (consecutive) superscript arabic numerals in the order in which they appear in the text. The numerals are to be used outside periods and commas, inside colons and semicolons. For further detail and examples you are referred to the AMA Manual of Style, A Guide for Authors and Editors, Tenth Edition, ISBN 0-978-0-19-517633-9.

List: Number the references in the list in the order in which they appear in the text.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations.

Anexo B - POP sobre a confecção de coluna d'água



POP sobre confecção de coluna d'água

Página

1/3

POP-VPM-1574

Local de execução

Unidades de Internação Adulto e Pediátrico, Emergência, Centro de Tratamento Intensivo Adulto (UTI Cardíaca, UTI 1, UTI 2, UTI SR, UTI 3), UTI Pediátrica e Unidade Álvaro Alvim.

Resultados esperados

Padronização da construção da coluna d'água com frasco de nutrição para geração de pressão positiva nas vias aéreas.

Executor

Fisioterapeutas do Serviço de Fisioterapia do HCPA, residentes da Residência Integrada Multiprofissional em Saúde do HCPA, alunos e estagiários do Curso de Fisioterapia da UFRGS, alunos dos PICCAF e PICCAP do Serviço de Fisioterapia do HCPA.

Material

- Frasco de nutrição enteral de 500 ml;
- Tubo de silicone nº 203;
- Tesoura;
- Esparadrapo ou micropore;
- Álcool 70%;
- Detergente neutro para uso hospitalar;
- Etiqueta;
- Caneta.

Atividades

- Higienizar as mãos;
- Reunir o material necessário para confecção do frasco;
- Realizar a limpeza diária do frasco com água e detergente e posterior desinfecção com álcool 70%, durante o uso do paciente;
- Fazer um orifício com a tesoura na lateral do frasco com diâmetro superior a 8 mm;
- Colocar dois tubos de silicone nº 203 unidos com um esparadrapo no orifício lateral do frasco (comprimento tubo=20 cm);
- Etiquetar o frasco com material limpo, contendo as seguintes informações: nome do paciente, número do prontuário, data da confecção da garrafa, a quem pertence (Fisioterapia) e quem confeccionou a mesma;
- Encher o frasco com água deixando uma coluna d'água com 10 cm de altura ou inferior de acordo com a avaliação realizada e com os objetivos do tratamento propostos para o paciente;
- Higienizar as mãos.

Obs.:

- Os tubos de silicone não devem ficar encostados na parede e no fundo da garrafa;
- Enquanto o frasco não estiver sendo utilizado pelo paciente, o mesmo deve permanecer sem água dentro, com o gargalo fechado e deverá ser armazenado em uma embalagem que não deixe o material exposto ao ambiente (saco plástico).

Referências

- MESTRINER, R.G.; et al. Optimum Design Parameters for a Therapist-Constructed Positive-Expiratory-Pressure Therapy Bottle Device. *Respiratory Care*, v. 54, n. 4, p. 504-508, 2009.
- WESTERDAHL, E. et al. Chest physiotherapy after coronary artery bypass graft surgery—a comparison of three different deep breathing techniques. *Journal of Rehabilitation Medicine*, v. 33, n. 2, p. 79-84, 2001.

Cópia não controlada: documento com caráter apenas de estudo, orientação e treinamento. Esta cópia deve ser utilizada para consulta local, não sendo arquivada e após a sua utilização, deve ser destruída. O HCPA não se responsabiliza se a versão desta cópia estiver obsoleta.

- WESTERDAHL, E. et al. Deep-breathing exercises reduce atelectasis and improve pulmonary function after coronary artery bypass surgery. *Chest*, v. 128, n. 5, p. 3482-3488, 2005.
- PETTERSSON, H; FAAGER, G; WESTERDAHL, E. Improved oxygenation during standing performance of deep breathing exercises with positive expiratory pressure after cardiac surgery: a randomized controlled trial. *Journal of Rehabilitation Medicine*, v. 47, p. 748-752, 2015.

Elaborado por: Serviço de Fisioterapia

Título: POP sobre confecção de coluna d'água			Código do documento POP-VPM-1574
Relator: GRACIELE SBRUZZI			
Aprovado pelo Responsável Técnico ou Comissão: Não aplicável			Data: Não aplicável
Aprovado por: MELISSA PRADE HEMESATH			Data: 09/07/2018
Data de emissão: 05/07/2017	Número da revisão: 1	Data da última revisão: 09/07/2018	Validade: 09/07/2019

Cópia não controlada: documento com caráter apenas de estudo, orientação e treinamento. Esta cópia deve ser utilizada para consulta local, não sendo arquivada e após a sua utilização, deve ser destruída. O HCPA não se responsabiliza se a versão desta cópia estiver obsoleta.