

Influência da técnica de pressão expiratória positiva oscilante utilizando pressões expiratórias pré-determinadas na viscosidade e na transportabilidade do escarro em pacientes com bronquiectasia*

Influence that oscillating positive expiratory pressure using predetermined expiratory pressures has on the viscosity and transportability of sputum in patients with bronchiectasis

Ercy Mara Cipulo Ramos, Dionei Ramos, Daniela Mizusaki Iyomasa, Graciane Laender Moreira, Kátia Cristina Teixeira Melegati, Luiz Carlos Marques Vanderlei, José Roberto Jardim, Adriana Siqueira de Oliveira

Resumo

Objetivo: Verificar a efetividade da técnica de pressão expiratória positiva oscilante (PEPO) utilizando pressões expiratórias pré-determinadas sobre a viscosidade e a transportabilidade do escarro em pacientes com bronquiectasia. **Métodos:** Foram incluídos no estudo 15 pacientes estáveis com bronquiectasia (7 homens; média de idade = 53 ± 16 anos), submetidos a duas intervenções PEPO consecutivas, com 24 h de intervalo entre si, utilizando pressões expiratórias de 15 cmH₂O (P15) e 25 cmH₂O (P25). O protocolo consistiu de tosse voluntária; nova expectoração voluntária após 20 min, denominado tempo zero (T0); repouso de 10 min; e utilização da técnica em duas séries de 10 min (S1 e S2) de PEPO em P15 e P25, com intervalo de 10 min entre si. A viscosidade e transportabilidade do escarro foram avaliadas pela viscosimetria, velocidade relativa de transporte no palato de rã, deslocamento em máquina simuladora de tosse e ângulo de adesão. As amostras de escarro foram coletadas em T0, após S1 e após S2. Testes estatísticos específicos foram aplicados de acordo com a distribuição dos dados. **Resultados:** Houve diminuição significativa da viscosidade do escarro após S1 em P15 e após S2 em P25. Não houve diferenças significativas entre todas as amostras para a transportabilidade. **Conclusões:** Houve diminuição da viscosidade do escarro quando a PEPO foi realizada em P15 e P25, o que sugere que não seja necessário gerar alta pressão expiratória para obter o resultado desejado.

Descritores: Viscosidade; Bronquiectasia; Fisioterapia (especialidade); Escarro.

Abstract

Objective: To determine the effectiveness of oscillating positive expiratory pressure (OPEP) using predetermined expiratory pressures on the viscosity and transportability of sputum in patients with bronchiectasis. **Methods:** The study involved 15 stable patients with bronchiectasis (7 males; mean age = 53 ± 16 years), submitted to two consecutive OPEP interventions, with a 24-h interval between the two, using positive expiratory pressures set at 15 cmH₂O (P15) and 25 cmH₂O (P25). The protocol consisted of a voluntary cough; another voluntary cough 20 min later, designated time zero (T0); a 10-min rest period; and two 10-min series (S1 and S2, using OPEP at P15 and P25 in both), with a 10-min interval between the two. The viscosity and transportability of sputum were evaluated by viscometry, relative transport velocity on frog palate, transport in a simulated cough machine and contact angle. Sputum samples were collected at T0, after S1 and after S2. Specific statistical tests were performed depending on the type of data distribution. **Results:** In comparison with the values obtained at T0, sputum viscosity decreased significantly after S1 at P15 and after S2 at P25. There were no significant differences among all of the samples in terms of transportability. **Conclusions:** The fact that sputum viscosity decreased whether OPEP was performed at P15 or at P25 suggests that there is no need to generate high expiratory pressure to achieve the desired result.

Keywords: Viscosity; Bronchiectasis; Physical therapy (specialty); Sputum.

* Trabalho realizado no Departamento de Fisioterapia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista – Unesp – Presidente Prudente (SP) e na Universidade Federal de São Paulo/Escola Paulista de Medicina – UNIFESP/EPM – São Paulo (SP) Brasil.

Endereço para correspondência: Ercy Mara Cipulo Ramos. Departamento de Fisioterapia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Unesp, Rua Roberto Simonsen, 305, Centro Educacional, CEP 19060-900, Presidente Prudente, SP, Brasil.

Tel 55 18 3229-5388. E-mail: ercy@fct.unesp.br

Apoio financeiro: Nenhum.

Recebido para publicação em 6/4/2009. Aprovado, após revisão, em 30/7/2009.

Introdução

Em doenças pulmonares supurativas crônicas, como a bronquiectasia, a alteração irreversível dos brônquios e a persistente produção de escarro purulento acarreta, a longo prazo, prejuízo nos mecanismos de defesa e na depuração mucociliar, com conseqüente acúmulo de secreção no trato respiratório.⁽¹⁾ Desse modo, mecanismos que promovam a mobilização e a remoção de secreções são essenciais para manter a defesa do trato respiratório contra a proliferação bacteriana e infecções.⁽²⁾

Um dos mecanismos mais importantes para promover a remoção da secreção consiste em alterar suas propriedades viscoelásticas.⁽³⁾ Uma das técnicas de higiene brônquica utilizadas na fisioterapia utiliza o aparelho Flutter VRP1[®] (Scandipharm, Birmingham, AL, EUA), que combina oscilação de alta frequência e pressão expiratória positiva, tendo como efeitos propostos prevenir a obstrução de vias aéreas e remover o acúmulo de secreção.⁽⁴⁾

Esse aparelho contém em seu interior um cone, dentro do qual há uma esfera metálica, e, quando o paciente realiza uma expiração no aparelho, o fluxo de ar expirado eleva a esfera, que volta a cair por ação de seu próprio peso. A sucessão rápida desses eventos promove uma vibração aérea no interior do aparelho, a qual é transmitida para as vias aéreas do paciente,^(5,6) mobilizando a secreção e facilitando a expectoração.⁽⁵⁾ Entretanto, ainda não está claro se esses efeitos resultam em mudanças nas propriedades reológicas do escarro.⁽⁴⁾

Estudos encontrados na literatura⁽⁷⁻¹⁰⁾ comprovaram alguns dos mecanismos de ação desse aparelho por meio da análise do volume de escarro e dos parâmetros espirométricos. Um grupo de autores,⁽⁴⁾ em um estudo piloto com pacientes com bronquiectasia, avaliaram o efeito de duas técnicas, dentre elas a de pressão expiratória positiva oscilante (PEPO), sobre a transportabilidade do escarro e observaram que não houve mudança no transporte após a realização das técnicas. Outros autores,⁽¹¹⁾ em um estudo de caso com um paciente com bronquiectasia, compararam a utilização desse aparelho e da tapotagem sobre a transportabilidade e a viscoelasticidade do escarro e concluíram que o aparelho promoveu a fluidificação do mesmo, o qual se tornou menos viscoso e com melhor transportabilidade.

Outros estudos avaliaram o uso desse aparelho clinicamente e encontraram melhora na expectoração do escarro,⁽⁸⁾ na função pulmonar e no escore clínico,⁽¹²⁾ assim como na saturação de oxigênio e na gasometria arterial.⁽¹³⁾

Embora esses estudos clínicos comprovem a efetividade do uso de PEPO, nenhuma das variáveis físicas do equipamento, tais como o fluxo, a pressão expiratória e a frequência de oscilação, foram controladas, visto que estudos *in vitro*^(6,14) demonstraram que essas variáveis influenciam os efeitos gerados por ele. Além disso, não encontramos na literatura estudos que avaliassem a influência da utilização desse aparelho, em diferentes pressões expiratórias, sobre as propriedades reológicas do escarro.

Nesse sentido, o presente estudo visou avaliar a influência da utilização de PEPO, através desse aparelho, em pressões expiratórias controladas (15 e 25 cmH₂O) sobre a viscosidade e a transportabilidade do escarro.

Métodos

Participaram do estudo 15 voluntários com bronquiectasia (7 homens) do tipo cilíndrica e/ou varicosa, provenientes do Ambulatório de Bronquiectasia da Universidade Federal de São Paulo/Escola Paulista de Medicina. Não houve voluntários com bronquiectasia sacular.

Esses pacientes apresentaram as seguintes características (em média \pm dp): idade = 53 \pm 16 anos; peso = 59 \pm 14 kg; altura = 1,58 \pm 0,08 m; índice de massa corpórea = de 23 \pm 5 kg/m²; VEF₁/CVF = 63 \pm 17%; e CVF = 71,7 \pm 13,8%. Os participantes incluídos neste estudo não realizavam atividade física, assim como não participavam de programas de reabilitação pulmonar, e apenas um fazia uso de oxigenoterapia.

Os procedimentos experimentais foram previamente aprovados pela Comissão de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências e Tecnologia/Universidade Estadual Paulista (FCT/UNESP) em Presidente Prudente, SP (processo nº 093/2006). Todos os participantes foram informados dos procedimentos e dos objetivos do estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

Foram incluídos no estudo os participantes que não apresentaram alterações cognitivas, verificadas pelo Mini-Exame do Estado Mental⁽¹⁵⁾; mantiveram-se estáveis, isto é, com hidratação

oral constante; com estabilidade clínica, determinada por meio de ausência de febre, sem apresentar evidências de infecção respiratória recente e constância do volume/aspecto da secreção; sem apresentar alterações nas dosagens dos medicamentos; e que conseguiram realizar a técnica com o aparelho nas pressões expiratórias determinadas.

Para a mensuração e o registro da pressão expiratória, foi desenvolvido um bocal para acoplar um manovacuômetro ± 300 cmH₂O (Gerar, São Paulo, Brasil) ao aparelho (Figura 1). Antes de iniciar o protocolo experimental, para garantir a fidedignidade dos valores visualizados no manovacuômetro, o mesmo foi acoplado a um gerador de pressão (coluna de água) para a certificação de que a pressão gerada e, conseqüentemente, a pressão demarcada nesse equipamento, eram equivalentes. Adicionalmente, era certificada, a cada coleta, a calibração do manovacuômetro.

Previamente à realização da técnica com pressão de 15 cmH₂O (P15) e de 25 cmH₂O (P25), os participantes realizaram um treinamento, que consistiu em executar a técnica até conseguir efetuar três expirações consecutivas com a pressão expiratória determinada. Por meio da visualização do manovacuômetro, os participantes poderiam manter a pressão estabelecida, a qual também era certificada pelo terapeuta.

A escolha da P15 foi baseada por observações dos resultados obtidos na prática clínica, realizada no Centro de Estudos e Atendimentos em Fisioterapia e Reabilitação (CEAFIR) da FCT/UNESP, na qual identificamos que a pressão expiratória média realizada pelos pacientes, ao serem instruídos a executar a técnica com o aparelho durante 10 min contínuos, foi de 15 cmH₂O. Já a P25 foi considerada por ser descrita na literatura como a pressão expiratória máxima obtida com o uso do equipamento.^(16,17) A seleção da pressão expiratória a ser utilizada no primeiro dia do protocolo foi feita aleatoriamente.

A técnica padrão para a realização, nos dois dias do experimento, foi a seguinte: a) realização de tosse voluntária para a expectoração do escarro, para que todos iniciassem o experimento nas mesmas condições basais; b) após 20 min de repouso, uma nova expectoração foi solicitada e denominada tempo zero (T0); c) 10 min após T0, foram iniciadas duas séries de 10 min com o uso do aparelho, com intervalo de 10 min entre cada série (S1 e S2), de acordo com

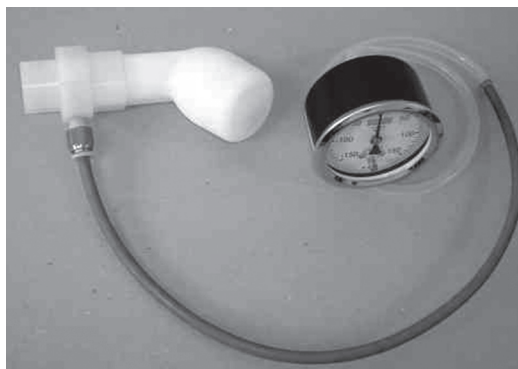


Figura 1 - Adaptação do manovacuômetro ao aparelho Flutter VRP1® para a mensuração e o registro das pressões expiratórias a cada expiração.

o protocolo utilizado no Setor de Fisioterapia Respiratória do CEAFIR, totalizando 20 min de exercício, o que condiz com estudos prévios.^(4,18)

Para a execução da técnica, os pacientes foram orientados a permanecer sentados em uma cadeira, com a inclinação do tronco para frente (flexão da articulação coxofemoral a 65°), a cabeça em posição neutra, com os cotovelos apoiados na mesa e as mãos segurando o aparelho. Ao expirar no aparelho, o paciente poderia alterar sua posição em relação à inclinação do tronco, caso não sentisse o efeito vibratório intratorácico, o qual era comprovado pelo terapeuta. Da mesma forma, em relação à inclinação do aparelho, os pacientes relatavam em qual inclinação (variando de -30° a +30°) o efeito vibratório intratorácico era mais evidente. A postura adotada para a realização da técnica foi aquela em que prevaleceu um maior efeito vibratório aéreo intratorácico, relatado pelo paciente e certificado pelas mãos do terapeuta, que eram posicionadas sobre o tórax do mesmo. Essa conduta foi repetida a cada sessão.

O escarro em T0, durante e/ou ao término de cada série teve sua parte menos aquosa armazenada em tubos plásticos Eppendorf, contendo óleo mineral para evitar o ressecamento, e congelados à -20°C para posterior análise, as quais foram realizadas no Laboratório de Estudos do Aparelho Muco Secretor da FCT/UNESP.

Para a análise da transportabilidade e da viscosidade do escarro, as amostras foram descongeladas e submersas em éter de petróleo para a remoção do óleo mineral. A transportabilidade mucociliar foi analisada por meio da medida da velocidade relativa de transporte do escarro no palato de rã, deslocamento do escarro

em máquina simuladora de tosse e medida do ângulo de adesão.⁽¹⁹⁾

A mensuração da velocidade relativa do transporte do escarro em palato de rã (velocidade do escarro do paciente/velocidade do muco endógeno), foi avaliada por meio de uma lupa estereoscópica com ocular reticulada (Wild M8; Wild Heerbrugg, Gais, Suíça), com a utilização de um cronômetro (Track.Pro; Mondaine, Zurique, Suíça) para a medição do tempo (em segundos) do deslocamento da amostra do escarro em direção cefalocaudal em 10 mm no palato.^(20,21) A cada quatro amostras testadas, foi realizada a medida com o muco da rã para o controle da integridade do palato.

A representação *in vitro* da tosse foi feita utilizando-se uma máquina simuladora de tosse,⁽²²⁾ constituída por um modelo de via aérea simples (tubo de PVC) com 4 mm de diâmetro interno e 30 cm de comprimento, no interior do qual foram colocadas as amostras de escarro. Esse modelo foi conectado a um tubo de látex que o liga a uma válvula solenoide, acoplada a um temporizador. A pressão propulsora foi de 4,2 kgf/cm² e o tempo de liberação foi de 1 s. Para a realização do teste, uma pequena quantidade do escarro foi colocada na parte proximal do modelo, e o temporizador foi acionado.

Para a medida do ângulo de adesão, o escarro foi depositado em uma lâmina deionizada, tratada com solução sulfocrômica, e visualizado por meio de uma ocular com goniômetro (microscópio angular/042002; Holtermann, São Paulo, Brasil), com aumento de 20x. O ângulo de contato foi medido em graus, imediatamente após a amostra ser depositada na lâmina e após 5 min. O ângulo formado entre o escarro e a superfície sólida reflete a tensão superficial e a força de adesão do escarro.⁽²³⁾

A viscosidade foi analisada por meio de um viscosímetro duplo capilar,^(24,25) constituído por um capilar de aço no interior de um capilar de vidro. O sistema de capilares foi conectado a uma coluna de pressão de água. Na extremidade proximal do capilar de vidro, conectada à coluna de pressão de água, foi depositada uma quantidade de escarro que preenchesse 5 mm do capilar. Com a imposição da pressão no interior do capilar, foram determinados o descolamento do escarro, a pressão, o tempo e o recuo. Com a utilização da equação de Poiseuille ($\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \times r^4 \times \Delta P / 8 \times l \times Q$; onde η : viscosidade; r: raio

Tabela 1 – Valores da viscosidade do escarro ($\times 10^3$ P) de pacientes com bronquiectasia antes e após a utilização do aparelho Flutter VRP1[®] com pressões de 15 e 25 cm H₂O.^a

| Pressão, cmH ₂ O | T0 | S1 | S2 |
|-----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 15 | 0,83 ± 0,73 (0,68)* | 0,27 ± 0,20 (0,24)* | 0,48 ± 0,58 (0,30) |
| | [0,43-1,24] | [0,16-0,38] | [0,16-0,80] |
| 25 | 0,53 ± 0,47 (0,44) | 0,28 ± 0,18 (0,23) | 0,36 ± 0,41 (0,26)* |
| | [0,27-0,80] | [0,18-0,38] | [0,13-0,59] |

T0: escarro após 20 min de repouso; S1: escarro após a 1^a série com o uso do aparelho; e S2: escarro após a 2^a série com o uso do aparelho. ^aValores em média ± dp (mediana) [IC95%]. *Valor com diferença estatisticamente significativa em relação ao T0 (Teste de Friedman, seguida do teste de Dunn; p < 0,05).

do tubo em cm; ΔP : pressão da amostra através do tubo em cmH₂O; l: comprimento do tubo em cm; e Q: razão de fluxo volumétrico), obtivesse o valor da viscosidade. Para a análise, foi utilizado o valor médio da viscosidade, que foi obtido por meio da mensuração da viscosidade de cinco amostras do mesmo escarro, coletadas em cada momento.

Para a análise estatística dos dados, primeiramente foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk para a avaliação da normalidade dos dados. Para a comparação entre os diferentes momentos (T0, S1 e S2) entre P15 e P25, quando os dados apresentaram distribuição normal, foi aplicado o teste t de Student para dados pareados (máquina simuladora de tosse, ângulo de adesão, momento S1 da velocidade relativa do escarro no palato de rã e S1 para viscosidade).

Tabela 2 – Valores da velocidade relativa do escarro no palato de rã (velocidade da amostra/velocidade normal do muco de rã) de pacientes com bronquiectasia antes e após a utilização do aparelho Flutter VRP1[®] com pressões de 15 e 25 cm H₂O.^a

| Pressão, cmH ₂ O | T0 | S1 | S2 |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 15 | 0,97 ± 0,43 (0,87) | 0,87 ± 0,26 (0,82) | 0,95 ± 0,37 (0,83) |
| | [0,74-1,21] | [0,72-1,01] | [0,75-1,16] |
| 25 | 0,76 ± 0,20 (0,75) | 0,94 ± 0,40 (0,84) | 0,87 ± 0,30 (0,72) |
| | [0,65-0,89] | [0,72-1,16] | [0,71-1,03] |

T0: escarro após 20 min de repouso; S1: escarro após a 1^a série com o uso do aparelho; e S2: escarro após a 2^a série com o uso do aparelho. ^aValores em média ± dp (mediana) [IC95%].

Tabela 3 – Valores do deslocamento do escarro em máquina simuladora de tosse (mm) de pacientes com bronquiectasia antes e após a utilização do aparelho Flutter VRP1® com pressões de 15 e 25 cm H₂O.^a

| Pressão, cmH ₂ O | T0 | S1 | S2 |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 15 | 141,93 ± 50,35 | 153,83 ± 52,30 | 153,03 ± 53,69 |
| | [114,05-169,82] | [124,87-182,79] | [123,29-182,76] |
| 25 | 127,21 ± 53,59 | 140,93 ± 56,84 | 137,33 ± 53,59 |
| | [97,54-153,89] | [109,46-172,41] | [107,65-167,01] |

T0: escarro após 20 min de repouso; S1: escarro após a 1ª série com o uso do aparelho; e S2: escarro após a 2ª série com o uso do aparelho. ^aValores em média ± dp [IC95%].

Para dados que não apresentaram distribuição normal, foi utilizado o teste de Wilcoxon (T0 e S2 da velocidade relativa do escarro no palato de rã e os mesmos tempos para viscosidade). A comparação entre os momentos (T0, S1 e S2) para a mesma pressão expiratória foi realizada por meio de análise de variância para medidas repetidas (P15 e P25 com o uso da máquina simuladora de tosse e ângulo de adesão) ou o teste de Friedman (P15 e P25 para a velocidade relativa do escarro no palato de rã e da viscosidade), seguido da aplicação do teste de Dunn. O nível de significância adotado foi de 5%.⁽²⁶⁾

O cálculo do poder do estudo foi realizado com o programa GraphPad StatMate, versão 2.00 para Windows (GraphPad Software, San Diego, CA, EUA). O número de voluntários analisados e o nível de significância de 5% (teste bicaudal) garantiram um poder do teste superior a 80% para detectar diferenças entre as variáveis.

Resultados

Nenhum paciente foi excluído deste estudo, e todos realizaram a técnica com o aparelho em posição neutra, ou seja, paralelo à mesa. A Tabela 1 evidencia os valores médios de viscosidade do escarro antes (T0) e após (S1 e S2) a realização das sessões com P15 e P25. Pode-se observar que não houve diferença significativa entre os valores em T0 para as duas sessões realizadas (P15 e P25) e que os valores da viscosidade foram significativamente menores após

S1 em P15 e após S2 em P25, quando comparados aos valores em T0 para cada pressão, respectivamente.

Na Tabela 2, são apresentados os valores médios da velocidade relativa do escarro para cada tempo e pressão no aparelho. Não houve diferenças significantes entre os momentos em cada pressão e entre as pressões estudadas.

A Tabela 3 mostra os valores médios do deslocamento do escarro na máquina simuladora de tosse nos diferentes momentos e pressões expiratórias. Não houve diferenças significantes entre os momentos analisados para cada pressão e entre as pressões estudadas.

Na Tabela 4, estão apresentados os valores médios do ângulo de adesão do escarro. Observa-se que não houve diferenças significantes entre os momentos e pressões estudadas.

Discussão

Os resultados demonstraram que não houve diferenças significantes para a viscosidade do escarro entre os valores em T0 (Tabela 1). A ausência de diferenças garantiu a semelhança da mesma antes do início de cada uma das intervenções. Adicionalmente, houve diferenças significantes entre S1 e T0 em P15, assim como entre S2 e T0 em P25, não ocorrendo diferenças entre as pressões expiratórias para cada momento estudado, o que sugere que a utilização do aparelho reduziu a viscosidade do escarro, facilitando a sua eliminação, e seu efeito imediato foi

Tabela 4 – Valores do ângulo de adesão do escarro em graus de pacientes com bronquiectasia antes e após a utilização do aparelho Flutter VRP1® com pressões de 15 e 25 cm H₂O.^a

| Pressão, cmH ₂ O | T0 | S1 | S2 |
|-----------------------------|---------------|---------------|---------------|
| 15 | 37,33 ± 6,71 | 32,47 ± 8,17 | 37,20 ± 12,31 |
| | [33,62-41,05] | [27,94-37,00] | [30,38-44,02] |
| 25 | 35,67 ± 9,50 | 35,93 ± 9,56 | 35,93 ± 8,65 |
| | [30,42-40,92] | [30,64-41,23] | [31,15-40,72] |

T0: escarro após 20 min de repouso; S1: escarro após a 1ª série com o Flutter; e S2: escarro após a 2ª série com o Flutter. ^aValores em média ± dp [IC95%].

melhor evidenciado em P15. Esse achado condiz com os de estudos anteriores,^(3,11) que encontraram uma menor viscosidade do escarro com a utilização do aparelho.

A ocorrência de diferenças significantes na viscosidade do escarro em momentos distintos, para as pressões expiratórias estudadas, pode estar relacionada à diferença no tempo expiratório realizado nas duas sessões. Apesar do tempo expiratório não ter sido controlado, observamos que, com uma pressão menor (P15), os pacientes mantinham um tempo expiratório maior e, conseqüentemente, um maior tempo de exposição do muco à frequência de oscilação constante, fazendo com que a viscosidade diminuísse após uma série apenas. Para a realização da técnica com P25, maior esforço é necessário e um menor tempo expiratório foi observado; portanto, o tempo de exposição do muco à oscilação foi menor e o efeito sobre a viscosidade do escarro só foi conseguido após a S2.

Neste estudo, foram utilizados três métodos para avaliar a transportabilidade do escarro: a medida da velocidade relativa de transporte do escarro no palato de rã, o deslocamento do escarro em máquina simuladora de tosse e o ângulo de adesão.⁽²¹⁾

Em relação à velocidade de transporte no palato de rã, não foi constatada diferenças significantes na velocidade de transporte após a realização da sessão com as duas pressões expiratórias e nem entre cada momento analisado (Tabela 2). Entretanto, foram observadas médias de velocidade relativa de transporte mucociliar abaixo de 0,97. Segundo alguns autores,⁽²⁷⁾ a amostra de escarro com boa transportabilidade é aquela que apresenta valores de velocidade relativa entre 1,0 e 1,1. Os valores encontrados neste estudo sugerem que tanto a tosse isolada quanto o uso de PEPO em P15 e P25, retiram o escarro de pior transportabilidade, não havendo influência do aparelho nesse aspecto.

O transporte mucociliar *in vitro* foi também analisado pelo deslocamento do escarro através de máquina simuladora de tosse.⁽²²⁾ Fisiologicamente, a eliminação da secreção por tosse pode ser facilitada por uma alta relação viscosidade/elasticidade.⁽²⁸⁾ Porém, amostras de escarro com componentes viscoelásticos muito altos podem apresentar menor deslocamento *in vitro*,⁽²⁸⁾ avaliado na máquina simuladora de tosse. Neste estudo, não houve diferenças

significantes entre os momentos e pressões expiratórias realizadas em relação à transportabilidade avaliada pela máquina simuladora de tosse. Como o tempo expiratório não foi controlado, não podemos garantir que a frequência de oscilação foi constante o suficiente para alterar a elasticidade, propriedade não avaliada neste estudo, visto que a eliminação do escarro depende de uma alta relação viscosidade/elasticidade.⁽²⁸⁾

Quanto às medidas do ângulo de adesão do escarro, não houve diferenças significantes nos momentos analisados para cada pressão e nem entre as pressões (Tabela 4). Supondo que as condutas realizadas não contribuíram para a piora das qualidades físico-químicas do escarro, que os tempos iniciais das condutas não apresentaram diferenças estatísticas, que o valor ideal do ângulo de adesão era em torno de 20°⁽²¹⁾ e que as amostras de escarro durante essas sessões apresentaram um ângulo distante da normalidade, com média acima de 32°, pode-se inferir que, em todos os momentos analisados, o escarro apresentou pior transportabilidade.

As altas médias do ângulo de adesão (Tabela 4) e as baixas médias da velocidade relativa no palato de rã (Tabela 2), em comparação com a normalidade, mostram que o escarro apresentou baixa transportabilidade e, independentemente da pressão expiratória utilizada durante o uso do aparelho, o escarro seria mais dificilmente eliminado pelo sistema mucociliar.

A ausência de diferenças significantes para a transportabilidade do escarro, após a realização da técnica tanto em P15 quanto em P25, condiz com os resultados de um estudo,⁽⁴⁾ mesmo apresentando diferenças metodológicas, em relação à pressão expiratória e ao tempo de execução da técnica.

Em suma, assim como já mostrado em um estudo com pacientes portadores de fibrose cística,⁽¹²⁾ o uso desse aparelho é seguro, eficaz e de fácil aplicação em pacientes com bronquiectasia. Nas condições do nosso experimento, a utilização do aparelho com uma pressão expiratória controlada é uma técnica viável e possível de ser implantada na prática clínica, sendo necessário somente adaptar um bocal para o acoplamento de um manovacuômetro.

Adicionalmente, os nossos resultados mostraram que não houve diferenças significantes em relação à transportabilidade do escarro

nas diferentes pressões durante as sessões com o aparelho; entretanto, a menor viscosidade do escarro após as sessões em P15 e P25 sugere um melhor perfil reológico e uma maior fluidificação do escarro após a sua utilização. Devido à semelhança dos resultados nas duas pressões estudadas, pode-se concluir que o paciente não necessita gerar alta pressão para obter o resultado desejado.

Neste trabalho, a mensuração da pressão expiratória (P15 e P25) foi a única variável pré-estabelecida e controlada durante a realização das séries com o aparelho; logo, a ausência de dados referentes ao tempo expiratório, fluxo e frequência de oscilação pode ser considerada como uma limitação do presente estudo. Desse modo, futuras pesquisas devem incorporar a padronização dessas variáveis, durante a utilização do equipamento, para permitir uma melhor compreensão da ação dessas sobre as propriedades reológicas do escarro.

Referências

- Zanchet RC, Magalhães AC, Correia AF, Feijó G. A influência de bactérias patogênicas na transportabilidade do escarro e na qualidade de vida de portadores de bronquiectasia. *Rev Bras Fisioter.* 2006;10(4):457-63.
- Angrill J, Agustí C, Torres A. Bronchiectasis. *Curr Opin Infect Dis.* 2001;14(2):193-7.
- App EM, Kieselmann R, Reinhardt D, Lindemann H, Dasgupta B, King M, et al. Sputum rheology changes in cystic fibrosis lung disease following two different types of physiotherapy: flutter vs autogenic drainage. *Chest.* 1998;114(1):171-7.
- Valente AM, Gastaldi AC, Cravo SL, Afonso JL, Sologuren MJ, Guimarães RC. The effect of two techniques on the characteristics and transport of sputum in patients with bronchiectasis: a pilot study. *Physiotherapy.* 2004;90(3):158-64.
- Morsch AL, Amorim MM, Barbieri A, Santoro LL, Fernandes AL. Influence of oscillating positive expiratory pressure and the forced expiratory technique on sputum cell counts and quantity of induced sputum in patients with asthma or chronic obstructive pulmonary disease. *J Bras Pneumol.* 2008;34(12):1026-32.
- Alves LA, Pitta F, Brunetto AF. Performance analysis of the Flutter VRP1 under different flows and angles. *Respir Care.* 2008;53(3):316-23.
- Hardy K. A review of airway clearance: new techniques, indications and recommendations. *Respir Care.* 1994;39(5):440-55.
- Konstan MW, Stern RC, Doershuk CF. Efficacy of the Flutter device for airway mucus clearance in patients with cystic fibrosis. *J Pediatr.* 1994;124(5 Pt 1):689-93.
- Pryor JA. Physiotherapy for airway clearance in adults. *Eur Respir J.* 1999;14(6):1418-24.
- Bellone A, Lascioli R, Raschi S, Guzzi L, Adone R. Chest physical therapy in patients with acute exacerbation of chronic bronchitis: effectiveness of three methods. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000;81(5):558-60.
- Pires Neto RC, Ramos EMC, Ramos D. Transportabilidade e viscoelasticidade do muco brônquico, de um paciente com bronquiectasia, expectorado após a tapotagem e o aparelho flutter-VRP1 - estudo de caso. *Rev Bras Fisioter.* 2004;8(2):165-68.
- Homnick DN, Anderson K, Marks JH. Comparison of the flutter device to standard chest physiotherapy in hospitalized patients with cystic fibrosis: a pilot study. *Chest.* 1998;114(4):993-7.
- Chatham K, Marshall C, Campbell IA, Prescott RJ. The use of the Flutter VRP1 device in post thoracotomy patients. *Physiotherapy.* 1993;79(2):95-8.
- Brooks D, Newbold E, Kozar LF, Rivera M. The flutter device and expiratory pressures. *J Cardiopulm Rehabil.* 2002;22(1):53-7.
- Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR. "Mini-mental state": A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res.* 1975;12(3):189-98.
- de Lima LC, Duarte JB, Lépole Neto FP, Abe PT, Gastaldi AC. Mechanical evaluation of a respiratory device. *Med Eng Phys.* 2005;27(2):181-7.
- Volsko TA, DiFiore J, Chatburn RL. Performance comparison of two oscillating positive expiratory pressure devices: Acapella versus Flutter. *Respir Care.* 2003;48(2):124-30.
- Gondor M, Nixon PA, Mutich R, Rebovich P, Orenstein DM. Comparison of Flutter device and chest physical therapy in the treatment of cystic fibrosis pulmonary exacerbation. *Pediatr Pulmonol.* 1999;28(4):255-60.
- Gastaldi AC, Jardim JR, King M. The influence of temperature and length of time of storage of frog mucus samples. *Biorheology.* 2000;37(3):203-11.
- Rubin BK, Ramirez O, King M. Mucus-depleted frog palate as a model for the study of mucociliary clearance. *J Appl Physiol.* 1990;69(2):424-9.
- Macchione M, Guimarães ET, Saldiva PH, Lorenzi-Filho G. Methods for studying respiratory mucus and mucus clearance. *Braz J Med Biol Res.* 1995;28(11-12):1347-55.
- King M, Brock G, Lundell C. Clearance of mucus by simulated cough. *J Appl Physiol.* 1985;58(6):1776-82.
- Girod S, Zahm JM, Plotkowski C, Beck G, Puchelle E. Role of the physicochemical properties of mucus in the protection of the respiratory epithelium. *Eur Respir J.* 1992;5(4):477-87.
- Barnett B, Dulfano MJ, Philippoff W, Han CD. A method for determining the viscoelastic properties of biological fluids. *Biorheology.* 1970;7(1):55-67.
- Kim CS, Berkley BB, Abraham WM, Wanner A. A micro double capillary method for rheologic measurements of lower airway secretions. *Bull Eur Physiopathol Respir.* 1982;18(6):915-27.
- Norman GR, Streiner DL. *Biostatistics - The Bare Essentials.* St. Louis: Mosby Year Book; 1994.
- Ramos D, Ramos EMC, Jardim JRB, Saldiva PHN, Faresin SM. Efeito da aerossolterapia nas propriedades físico-químicas do muco brônquico. *Rev Bras Fisioter.* 2004;8(1):61-4.
- Zayas JG, Man GC, King M. Tracheal mucus rheology in patients undergoing diagnostic bronchoscopy. Interrelations with smoking and cancer. *Am Rev Respir Dis.* 1990;141(5 Pt 1):1107-13.

Sobre os autores

Ercy Mara Cipulo Ramos

Professora. Departamento de Fisioterapia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista – Unesp – Presidente Prudente (SP) Brasil.

Dionei Ramos

Professor. Departamento de Fisioterapia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista – Unesp – Presidente Prudente (SP) Brasil.

Daniela Mizusaki Iyomasa

Fisioterapeuta. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista – Unesp – Presidente Prudente (SP) Brasil.

Graciane Laender Moreira

Mestranda em Fisioterapia. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista – Unesp – Presidente Prudente (SP) Brasil.

Kátia Cristina Teixeira Melegati

Fisioterapeuta. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista – Unesp – Presidente Prudente (SP) Brasil.

Luiz Carlos Marques Vanderlei

Professor. Departamento de Fisioterapia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista – Unesp – Presidente Prudente (SP) Brasil.

José Roberto Jardim

Professor. Universidade Federal de São Paulo/Escola Paulista de Medicina – UNIFESP/EPM – São Paulo (SP) Brasil.

Adriana Siqueira de Oliveira

Professora. Associação Caruaruense de Ensino Superior – ASCES – Recife (PE) Brasil.