

COMPARAÇÃO DAS FREQUÊNCIAS DE ONDAS MECÂNICAS GERADAS PELO DIOTTIX® E PELO SHAKER® EM PACIENTES COM DPOC

Comparison of frequencies of mechanical waves generated by DIOTTIX® and by Shaker® in patients with COPD

Jéssica dos Santos Castilho Rodrigues¹, Célio Guilherme Lombardi Daibem², Alexandre Ricardo Pepe Ambrozini³, Alex Augusto Vendramini⁴, Camila Gimenes⁴, Roberta Munhoz Manzano⁴

1. Discente do Curso de Fisioterapia das Faculdades Integradas de Bauru (FIB), Bauru, SP, Brasil.
2. Prof. Ms. do Curso de Fisioterapia das Faculdades Integradas de Bauru (FIB), Bauru, SP, Brasil.
3. Prof. Dr. do Curso de Fisioterapia da UNESP – Campus Marília, SP, Brasil.
4. Prof. Dr. do Curso de Fisioterapia das Faculdades Integradas de Bauru (FIB), Bauru, SP, Brasil.

Autor correspondente:

Celio Guilherme Lombardi Daibem
Rua Prof. Gerson Rodrigues, 6-45, Apto. 121
CEP 17012-535, Bauru, SP, Brasil
email: celiodaibem@yahoo.com.br

► RESUMO

O objetivo do presente estudo foi comparar a frequência gerada pelo Shaker® com a frequência gerada pelo DIOTTIX® no tórax de pacientes com DPOC, em pesquisa do tipo prospectiva transversal. A aplicação do DIOTTIX® foi realizada no ápice do pulmão direito e depois no pulmão esquerdo e captadas as frequências geradas no ápice e na base dos pulmões direito e esquerdo. Neste estudo a frequência gerada pelo DIOTTIX® foi maior do que a gerada pelo Shaker® quando analisada sobre o tórax dos pacientes com DPOC. A frequência gerada pelo DIOTTIX® foi sempre constante, se mantendo muito próxima dos 25Hz, tanto no pulmão direito

(ápice: 25,2 [24,8 – 25,5] e base: 24,8 [23,8 – 25,4]) quanto no pulmão esquerdo (ápice: 25,3 [25,0 – 26,3] e base: 25,1 [24,2 – 25,9]), diferentemente do Shaker® que apresentou frequência maior no ápice do pulmão direito (17,7 [13,3 – 18,4]) comparado a base do pulmão direito (10,4 [7,74 – 11,4]) e semelhança entre ápice e base do pulmão esquerdo (9,78 [7,77 – 18,0] e 8,80 [6,85 – 18,6] respectivamente). O DIOTTIX® manteve sua frequência fixa em aproximadamente 25Hz, independente do local da aplicação e foi significativamente maior do que a gerada pelo Shaker® quando analisada no pulmão direito (ápice $p:0,003$ e base $p:0,005$) e no pulmão esquerdo ($p:0,003$ em ápice e base). Neste sentido, entendemos que o DIOTTIX® apresenta vantagens como ferramenta alternativa para a higiene brônquica pois, além da manutenção constante da frequência e superioridade, é de fácil aplicação independentemente do nível de colaboração do paciente, quando comparado a outros dispositivos.

Palavras-chave: Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica, Terapia Respiratória, Muco.

► ABSTRACT

The aim of the present study was to compare the frequency generated by Shaker® with the frequency generated by DIOTTIX® in the thorax of patients with COPD in a cross-sectional prospective study. The application of DIOTTIX® was performed at the apex of the right lung and then in the left lung and the frequencies generated at the apex and at the base of the right and left lungs were captured. In this study the frequency generated by DIOTTIX® was higher than that generated by Shaker® when analyzed on the chest of patients with COPD. The frequency generated by DIOTTIX® was always constant, remaining very close to 25 Hz, both in the right lung (apex: 25.2 [24.8 - 25.5] and base: 24.8 [23.8 - 25.4]) and in the left lung (apex: 25.3 [25.0 - 26.3] and base: 25.1 [24.2 - 25.9]), unlike Shaker®

that presented higher frequency at the apex of the lung (17.7 [13.3-18.4]) compared to the right lung base (10.4 [7.74-11.4]) and similarity between the apex and base of the left lung (9.78 [7.77-18.0] and 8.80 [6.85-18.6] respectively). DIOTTIX® maintained its fixed frequency at approximately 25Hz, regardless of application site and was significantly higher than that generated by Shaker® when analyzed in the right lung (apex $p: 0.003$ and base $p: 0.005$) and left lung ($p: 0.003$ at apex and base). In this sense, we understand that DIOTTIX® presents advantages as an alternative tool for bronchial hygiene since, besides the constant maintenance of frequency and superiority, it is easy to apply independently of the level of collaboration of the patient when compared to other devices.

Keywords: Chronic Obstructive Pulmonary Disease, Respiratory Therapy, Mucus.

► INTRODUÇÃO

A doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) é definida como uma doença de limitação crônica ao fluxo aéreo e, depois de instalada, é tratável porém irreversível. Considerada um importante problema de saúde pública por seu alto nível de morbidade e mortalidade, pode ser prevenida, pois é uma enfermidade que se instala principalmente devido ao tabagismo e a sua cessação evitaria milhões de novos casos¹.

Classificada como a quarta causa mundial de morte mais comum, a sua prevalência deverá aumentar e está relacionada essencialmente com o fumo do tabaco, afetando 5-10% da população adulta. O processo inflamatório crônico pode produzir modificações dos brônquios (bronquite crônica) e causar destruição do parênquima pulmonar (enfisema), com consequente redução de sua elasticidade. A presença dessas alterações é variável em cada indivíduo e determina os sintomas que incluem tosse crônica, produção

de expectoração e dispneia ao esforço. Embora a DPOC comprometa os pulmões, também produz consequências sistêmicas significativas para os sistemas muscular e cardiovascular².

Os diferentes mecanismos patogênicos causam alterações patológicas que, por sua vez, dão origem às anomalias fisiológicas na DPOC como limitação do fluxo aéreo e hiperinflação, anormalidades nas trocas gasosas, hipertensão pulmonar, hipersecreção mucosa e disfunção do transporte mucociliar, além de efeitos sistêmicos³.

A diminuição do transporte mucociliar predispõem o paciente a infecções bacterianas das vias respiratórias superiores e inferiores e doença sinusal crônica. Fisiologicamente, o transporte mucociliar é dependente de muitos fatores, incluindo a frequência do batimento ciliar e da profundidade e composição do líquido das vias aéreas superfície, juntamente com os constituintes do muco e suas propriedades físicas⁴.

Os cílios são os propulsores do transporte mucociliar e seu número por célula varia de 50 a 100, sofrendo influência da idade e posição no trato respiratório. Em condições normais, os cílios da mucosa nasal e dos cornetos inferiores batem a uma frequência de 12 a 15 Hz. O batimento ciliar apresenta uma sequência coordenada, produzindo uma onda metacrônica, cujo mecanismo de controle permanece desconhecido. Essa onda dirige o fluxo do muco nas cavidades nasais em direção à nasofaringe e, posteriormente, à orofaringe e à hipofaringe, em que as secreções são expectoradas pela tosse ou deglutidas⁵.

Uma série de técnicas e recursos fisioterapêuticos são empregados para auxiliar a remoção e expectoração de secreções brônquicas. Dentre eles, o oscilador oral de alta frequência Shaker® é amplamente utilizado. Feito de um plástico azul medindo 20 x 8 x 3 mm de diâmetro, contendo um cone circular, uma tampa protetora com 12 furos de 3 mm, e uma esfera de aço inoxidável com peso de 30g⁶. A rápida subida e descida da esfera gera uma Pressão Expiratória Positiva (PEP) e uma oscilação vibratória do ar dentro do aparelho, que é transmitida à caixa torácica e às vias aéreas.

Desta forma, a pressão positiva produzida evita o colapso precoce das vias aéreas, por proporcionar uma dilatação dos brônquios acima do nível dos bronquíolos periféricos distais, favorecendo a remoção e expectoração das secreções brônquicas. O Shaker® alcança frequências de 9 a 18 Hz⁷.

Entretanto, para a aplicação deste recurso, é necessário que o paciente esteja consciente e orientado, além de compreender e executar a técnica corretamente para a efetividade do dispositivo. Dentro deste contexto, foi criado um diapasão terapêutico, com frequência fixa de 25 Hz, com o objetivo de fluidificar as secreções pulmonares e possibilitar o tratamento de pacientes que apresentem contraindicações para algumas manobras ou recursos de higiene brônquica tais como fraturas de costela, osteoporose, alterações na caixa torácica, entre outras. A este diapasão terapêutico foi dado o nome de DIOT'TIX® (Dispositivo Oscilatório Torácico Tixotrópico - Patente MU - Modelo de Utilidade - processo número 9101697-5)⁸.

O diapasão é um gerador de ondas mecânicas, ou seja, um gerador de perturbação das propriedades mecânicas do material. A frequência do diapasão é fixa e se mantém constante em 25 Hz⁹. De acordo com os autores, a frequência ideal de vibração capaz de mobilizar maior quantidade de secreção ainda é bastante discutida. Para maior eficiência, é aconselhável que as vibrações atendam aos seguintes critérios: aplicação sobre a região a ser tratada no sentido perpendicular, realizada durante a expiração e com frequência entre 3 e 25 Hz.

Tanto o Shaker® quanto o DIOT'TIX® são aparelhos que geram vibrações na árvore brônquica. Nesse sentido, conhecer a frequência gerada por estes equipamentos é de extrema importância e principalmente saber se o DIOT'TIX® gera uma frequência semelhante à gerada pelo Shaker®, proporcionando assim mais uma alternativa para o auxílio da remoção de secreção brônquica.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi comparar a frequência gerada pelo Shaker® com a frequência gerada pelo DIOT'TIX® no tórax de pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica.

► METODOLOGIA

O estudo foi do tipo transversal descritivo sendo a pesquisa realizada no Centro de Estudos da Educação e da Saúde (CEES) da Faculdade de Filosofia e Ciências - UNESP - Campus Marília, com pacientes portadores de doença pulmonar obstrutiva crônica que fazem parte do grupo de reabilitação pulmonar, que acontece de segundas, quartas e sextas-feiras no CEES.

Foram registrados os seguintes dados: sexo, idade, peso, altura, índice de massa corporal (IMC), espirometria (valores de função pulmonar) e força muscular respiratória (manovacuometria) dos sujeitos da pesquisa. Estes dados foram transcritos do prontuário dos pacientes com a finalidade de caracterizar a amostra.

O trabalho foi encaminhado para a Plataforma Brasil e foi aprovado com o número de parecer: 82606 e data da relatoria 15/08/2012.

Preparação para captação das ondas

A obtenção das ondas mecânicas foi realizada utilizando estetoscópios conectados a microfones de eletreto e estes a um osciloscópio digital (Modelo DSO 2090 40mHz, 2 canais - USB). Os dados registrados pelo osciloscópio foram transmitidos para um computador e avaliados por meio do software DSO-2090 USB, versão 7.0.0.0.

Para fixação do microfone de eletreto foi retirada uma das olivas do estetoscópio e o mesmo instalado dentro do arco metálico que comunica o tubo de condução do som ao diafragma. O outro arco metálico foi ocluído a fim de direcionar o som para o microfone.

Os diafragmas dos estetoscópios foram acoplados de maneira uniforme no tórax do paciente utilizando fita adesiva hipoalergênica (Micropore®). Foram determinadas quatro posições na região anterior do tórax, sendo

duas no hemitórax esquerdo e duas no hemitórax direito, respeitando as posições comumente utilizadas na ausculta pulmonar.

O primeiro diafragma foi fixado na linha clavicular média e dois centímetros abaixo da clavícula (Ponto 1). O segundo diafragma ficou na direção do processo xifóide na linha axilar anterior (Ponto 2). Tal procedimento foi realizado nos dois hemitórax.

Aplicação do DIOTTIX®

A aplicação do DIOTTIX® foi realizada no ápice do pulmão direito e captadas as frequências geradas no ápice e na base do pulmão direito, ou seja, no Ponto 1 e no Ponto 2, no pulmão direito e depois no pulmão esquerdo.

Posteriormente a aplicação do DIOTTIX® foi realizada no ápice do pulmão esquerdo e captadas as frequências geradas no ápice e na base do pulmão esquerdo. O funcionamento do dispositivo se dá quando há aproximação dos prolongamentos de formato sinuoso, através de um movimento de pinça, e posterior retirada brusca dos dedos gerando vibração mecânica.

Realização do Shaker®

Os pacientes ficaram sentados em uma cadeira com apoio nas costas, com os estetoscópios para captação das vibrações posicionados e realizaram uma expiração com o bocal do Shaker® na boca. Após a realização do Shaker® os dados foram anotados no Ponto 1 e no Ponto 2 do pulmão direito. Posteriormente pedia-se para o paciente realizar outra expiração com o bocal do Shaker® na boca e foram anotados os valores de frequência gerados no Ponto 1 e no Ponto 2 do pulmão esquerdo.

Análise estatística

As medidas de frequência de onda mecânica gerados pelo DIOTTIX® e pelo Shaker® foram comparadas entre os pontos utilizando o Teste de Mann-Whitney Rank Sum Test para amostra não normal. A análise estatística foi realizada utilizando o Software Sigma Stat for Windows (versão 3.5) utilizando um índice de significância ($p < 0,05$) e intervalo de confiança de 95%.

▶ RESULTADOS

A amostra apresentou idade média de $66 \pm 5,614$ e IMC com média $24 \pm 3,970$, estando caracterizada conforme a Tabela 1 e Tabela 2.

Tabela 1 - Caracterização da Amostra

Pacientes	Idade (anos)	Sexo	Tabagismo	Hipertensão	Diabetes	IMC
1	70	F	Sim	Sim	Não	24
2	60	F	Ex	Sim	Não	25,92
3	63	F	Ex	Não	Não	21,35
4	65	M	Ex	Não	Não	15,65
5	72	M	Ex	Sim	Não	25,42
6	77	F	Ex	Sim	Não	29,06
7	66	F	Ex	Sim	Não	27,08
8	60	M	Ex	Sim	Não	26,1
9	66	F	Não	Não	Não	21,95
Média	$66 \pm 5,614$					$24 \pm 3,970$

Tabela 2 - Valores de espirometria e manuvacuometria apresentados em porcentagem do predito.

Pacientes	VEF1	CVF	VEF1/ CVF	PEF	FEF 25-75	PI _{máx}	PE _{máx}
1	16	25	47	240	5	70	60
2	18	24	60	240	8	82	60
3	17	24	56	200	4	40	50
4	10	17	55	160	4	50	80
5	18	29	62	200	8	60	40
6	10	24	31	170	3	76	80
7	28	38	56	200	9	40	70
8	58	66	89	800	46	70	95
9	15	37	31	154	4	80	60
Média	17±14,810	25±14,53	56±17,46	200±203,8	5±13,63	70±16,40	60±16,91

VEF1= Volume expiratório forçado no primeiro segundo. CVF=Capacidade vital forçada. PEF= Pico de fluxo expiratório. PI_{máx}= Pressão inspiratória máxima. PE_{máx}= Pressão expiratória máxima.

A frequência gerada pelo DIOTTIX® foi maior do que a gerada pelo Shaker® quando analisada sobre o tórax dos pacientes com DPOC. A frequência gerada pelo DIOTTIX® foi sempre constante, se mantendo muito próxima dos 25Hz que foi calibrado. Já o Shaker® apresentou uma frequência maior no ápice pulmão D comparando com a base D. No pulmão esquerdo os valores foram iguais (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3 - Pulmão Direito Shaker® versus DIOTTIX®.

Pulmão D			
	Ápice	Base	p
Shaker®	17,7 [13,3 – 18,4]	10,4 [7,74 – 11,4]	0,017
DIOTTIX®	25,2 [24,8 – 25,5]	24,8 [23,8 – 25,4]	0,329
p	0,003	0,005	

Tabela 4 - Pulmão Esquerdo Shaker® versus DIOTTIX®.

Pulmão E			
	Ápice	Base	p
Shaker®	9,78 [7,77 – 18,0]	8,80 [6,85 – 18,6]	0,978
DIOTTIX®	25,3 [25,0 – 26,3]	25,1 [24,2 – 25,9]	0,506
p	0,003	0,003	

► DISCUSSÃO

Os principais achados do presente estudo são que a frequência gerada pelo DIOTTIX® foi maior do que a gerada pelo Shaker® quando analisada sobre o tórax dos pacientes com DPOC. A frequência gerada pelo DIOTTIX® foi sempre constante, se mantendo muito próxima dos 25Hz que foi calibrado. Já o Shaker® apresentou uma frequência maior no ápice pulmão D comparando com a base D. No pulmão esquerdo os valores foram iguais.

A onda sonora avaliada neste estudo é periódica, isto é, ela acontece em intervalos de tempos iguais. Define-se esse sistema de onda como um oscilador harmônico, uma vez que apresenta sempre um período constante. Em um oscilador harmônico, a equação que descreve o deslocamento da massa ou o comportamento da sua velocidade com o tempo é expressa sempre uma função senoidal, que nos fornece as seguintes variáveis: amplitude, que significa o maior deslocamento das moléculas do meio em relação ao ponto médio da vibração e a frequência, que é o número de ciclos por unidade de tempo¹⁰.

O Shaker® é um dispositivo que combina pressão positiva expiratória (PEP) e oscilações de alta frequência, e assim gera ondas por meio de variação de pressão. Tais oscilações pressóricas atingem as regiões basais, que apresentam maior quantidade de tecido pulmonar e que conseqüentemente promoveria maior variação de pressão. O Shaker®

também altera sua frequência dependendo do posicionamento do equipamento. Já o DIOTTIX[®] é aplicado diretamente na região do tórax, portanto, não depende da oscilação pressórica na via aérea e sim somente dos tecidos que recebem esta vibração. Quanto maior a quantidade de tecido, maior é a redução da amplitude de onda⁸.

Em um estudo realizado por Santos et al.¹¹, a frequência de oscilação em relação a todos os fluxos de ar gerados através do ramo inspiratório do circuito do ventilador, para os três dispositivos com baixas, médias e altas pressões, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os dispositivos Flutter[®] VRP1 e Shaker[®]. No entanto, houve uma diferença estatisticamente significativa entre estes dois dispositivos e o dispositivo Acapella[®]. A frequência de oscilação do Acapella[®] foi maior do que as do Flutter[®] VRP1 e do dispositivo Shaker[®].

Foi desenvolvido, por um grupo de pesquisadores, um dispositivo chamado Quake[®] que trata-se de um aparelho portátil e de fácil manuseio, podendo ser utilizado tanto em nível ambulatorial como domiciliar. É feito de um material plástico em forma de cachimbo, tem uma manivela giratória, cata-ventos internos e tonel externo com cata-ventos concorrentes, responsáveis pela geração da PEEP e da vibração de alta frequência¹². No estudo de Ragavan¹³ foi comparada a frequência e a amplitude das oscilações geradas pelo Quake[®], Flutter[®] e Acapella[®]. Quando comparados o Quake[®] e o Acapella[®] o deslocamento do muco era independente do ângulo de oscilação, enquanto que a amplitude das oscilações, que também resultou no deslocamento muco, geradas pelo Flutter[®] aumentou quando este estava posicionado 30° para cima, 20° para baixo e a 90° na horizontal. O deslocamento com o Quake[®] aumentou significativamente com frequências de oscilações de até 25 Hz e diminuiu em seguida. O Quake[®] mostrou um deslocamento significativamente maior do que Flutter[®] e Acapella[®] em igualdade de frequências e amplitudes.

Silva et al.¹⁴, avaliaram o comportamento mecânico do dispositivo Acapella[®], que mostrou uma frequência de oscilação variando de 8 Hz a 21 Hz.

Okeson e McGowen¹⁵ ao compararem os aparelhos Acapella®, Flutter® e Quake®, comprovaram que o último apresentou maiores valores de pressão em determinados volumes correntes e inclinações, concluindo que quanto maior a pressão, maior a percussão nas vias aéreas, promovendo mais descolamento da secreção.

Silveira et al.¹⁶ realizaram uma revisão de literatura sobre os dispositivos de Oscilação Oral de Alta Frequência. Relataram que em alguns artigos o dispositivo Flutter® VRP1 foi descrito gerando frequências de aproximadamente 15Hz, e em outros estudos o Flutter® atingiu frequências entre 6-26 Hz. Observa-se que a frequência encontrada na literatura nos equipamentos de oscilação oral é discrepante, assim destaca-se aqui o diferencial do DIOTTIX®, em que a frequência varia pouco, ficando entre 24,9 e 26,4Hz. O DIOTTIX® foi capaz de atingir a frequência proposta com a vantagem da variação na frequência ser mínima, diferente do Flutter® VRP1. Neste contexto, ainda são necessárias novas pesquisas com o objetivo de comparar seus efeitos com o Flutter® VRP1 ou mesmo com a fisioterapia respiratória convencional.

No estudo realizado por Mueller et al.¹⁷ foi realizado a comparação entre os dispositivos Acapella® Choice, Acapella® Azul, Acapella® Verde *versus* a Garrafa de água. Todos os dispositivos testados alcançaram uma frequência na via aérea entre 12 – 15Hz, que é teoricamente ideal para a mobilização de secreção.

Leal e Paulista¹⁸ registraram volumes expectorados comparando técnicas convencionais de higiene brônquica e Flutter® VRP1, onde foi evidente o maior volume de secreção expectorado com Flutter® VRP1, em relação às outras técnicas.

Embora o presente estudo traga importantes informações sobre a frequência e a amplitude de ondas provocadas pelo DIOTTIX®, ainda são necessários mais estudos de validação e reprodutibilidade do presente equipamento.

A avaliação da frequência foi feita com sensores cutâneos, que podem alterar a frequência de vibração, devido a influência de outros tecidos, como a pele por exemplo, estudos avaliando as pressões geradas no tórax quando realizado o DIOTTIX® precisam ser realizados. A investigação foi conduzida no tórax de sujeitos saudáveis, na ausência de hipersecreção, sendo necessário entender o comportamento destas variáveis no paciente hipersecretivo. No entanto, no presente estudo foi importante investigar o comportamento da amplitude e da frequência de onda em condições de ausência de doença pulmonar. Neste contexto, estudos futuros devem ser focados na investigação do uso do aparelho para promover higiene brônquica.

► CONCLUSÃO

A frequência gerada pelo DIOTTIX® manteve sua frequência fixa em aproximadamente 25Hz, independente do local da aplicação e foi maior do que a gerada pelo Shaker® quando analisada sobre o tórax dos pacientes com DPOC. Neste sentido, entendemos que o DIOTTIX® apresenta vantagens como ferramenta alternativa para a higiene brônquica pois, além da manutenção constante da frequência e superioridade, é de fácil aplicação independentemente do nível de colaboração do paciente, quando comparado a outros dispositivos. **É importante que sejam realizados novos estudos, com um número maior de pacientes e em condições patológicas diversas.**

▶ REFERÊNCIAS

1. Araujo JM, Santos E. Dois protocolos distintos de reabilitação pulmonar em pacientes portadores de doença pulmonar obstrutiva crônica. Relato de casos e revisão de literatura. Rev Bras Clin Med. São Paulo. 2012; 10(1):87-90.

2. Fernández JL, Fernández FL, Alarcón RLV, Ruiz AG, Torres DP, Fonseca PB. Study protocol for a randomized, controlled trial comparing the efficacy of two educational interventions to improve inhalation techniques in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD): TIEPOC Study. Drugs in Context. 2014; 3:212-261.

3. Celli BR, Decramer M, Wedzicha JA, Wilson KC, Agustí A, Criner GJ et al. An Official American Thoracic Society / European Respiratory Society Statement: Research Questions in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. American Thoracic Society Documents - American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. 2015; 191(7): e4-e27.

4. Conger BT, Zhang S, Skinner D, Hicks SB, Sorscher EJ, Rowe SM, Woodworth BA. Comparison of Cystic Fibrosis Transmembrane Conductance Regulator (CFTR) and Ciliary Beat Frequency Activation by the CFTR Modulators Genistein, VRT-532, and UCCF-152 in Primary Sinonasal Epithelial Cultures. JAMA Otolaryngol Head Neck Surg. 2013; 139(8):822-827.

5. Trindade SHK, Mello Jr JF, Mion OG, Lorenzi-Filho G, Macchione M, Guimarães ET, Saldiva PHN. Métodos de estudo do transporte mucociliar. Rev Bras Otorrinolaringol. 2007; 73(5):704-712.

6. Silva PO, Salles JC, Mendonça VA, Reis AB, Lima VP. Comparação entre os dispositivos de higiene brônquica Shaker® e “Soprinho” em relação aos parâmetros físicos e não físicos em indivíduos saudáveis. *ConScientiae Saúde*. 2012; 11(4):550-558.
7. Duarte PECR, Silva VL, Silva DAL. Análise do funcionamento do Shaker® à diversos níveis de fluxo. *Pulmão*. Rio de Janeiro. 2007; 16(2-4):70-75.
8. Manzano RM, Santos RL, Alcântara JR, Albino DD, Borghi-Silva A, Ambrozin ARP. Análise da frequência acústica e amplitude das ondas sonoras geradas pelo Dispositivo Oscilatório Torácico Tixotrópico (Diottix®) no tórax humano. *Fisioter Pesq*. 2014; 21(4):346-352.
9. Alcântara JR, Santos RL, Albino DD, Manzano RM. Desenvolvimento de aparelho de diapasão como uma ferramenta auxiliar nas manobras de higiene brônquica para fisioterapeutas. *ConScientiae Saúde*. 2012; 11(4):529-534.
10. Garcia, E. A. C. *Biofísica*. São Paulo: Sarvier; 2002.
11. Santos AP, Guimarães RC, Carvalho EM, Gastaldi AC. Mechanical behaviors of flutter vrp1, shaker, and acapella devices. *Respiratory Care*. 2013; 58(2):298-304.
12. Coelho CC, Diniz AP, Carvalho LMM, Reis RM, Mourão FAG, Aquino ES. Avaliação da pressão positiva expiratória final utilizando o aparelho fisioterápico Quake. *Fisioterapia e Pesquisa*. 2009; 16(4):352-356.

13. Ragavan AJ. Comparing performance of three oscillating positive expiratory pressure devices at similar amplitude and frequencies of oscillations on displacement of mucus inside trachea during cough. *Respiratory Care*. 2012; 497-503.

14. Silva CEA, Santos JG, Jansen JM, Melo PL. Laboratory evaluation of the Acapella device: pressure characteristics under different conditions, and a software tool to optimize its practical use. *Respiratory Care*. 2009; 54(11):1480-1487.

15. Okeson CD, MCGowen P. The percussive characteristics of the Acapella, Flutter, and Quake during low tidal volume breathing. *Chest*. 2007; 132.

16. Silveira ACT, Cunha CS, Pacheco DB, Silva NM. A. Uso da oscilação oral de alta frequência em pacientes ventilados mecanicamente, um estudo prospectivo e revisão de literatura. *Cadernos UniFOA – Ano II, n. 4, 2007*.

17. Mueller G, Bersch-Porada I, Koch-Borner S, Raab AM, Jonker M, Baumberger M, Michel F. Laboratory evaluation of four different devices for secretion mobilisation: Acapella® Choice, green and blue versus water bottle. *Respiratory Care*. 2013; 59(5):673-7.

18. Leal RCAC, Paulista RM. Análise quantitativa da clearance mucociliar em pacientes hipersecretivos submetidos à pressão expiratória positiva oscilante. *Brazilian Journal of Biomotricity*. 2009; 3(4):376-89.