

# Análise da frequência acústica e amplitude das ondas sonoras geradas pelo Dispositivo Oscilatório Torácico Tixotrópico (Diottix®) no tórax humano

*Analysis of acoustic frequency and wave amplitude generated by the Oscillatory Thoracic Thixotropic Device (Diottix®) in human chest*

*Análisis de la frecuencia acústica y amplitud de las ondas sonoras generadas por el Dispositivo Oscilatorio Torácico Tixotrópico (Diottix®) en el tórax humano*

Roberta Munhoz Manzano<sup>1,2</sup>, Rodrigo Leonel Dos Santos<sup>1,3</sup>, José Roberto de Alcântara<sup>1</sup>, Daniel Donaire Albino<sup>4</sup>, Audrey Borghi-Silva<sup>5</sup>, Alexandre Ricardo Pepe Ambrozini<sup>2</sup>

**RESUMO** | O Diottix® foi calibrado a 25 Hz para atingir a frequência indicada na literatura como eficaz a fim de mobilizar secreções de vias aéreas. A amplitude e a frequência das ondas geradas pelo equipamento nas diferentes regiões do tórax ainda precisam ser investigadas. O objetivo de estudo foi analisar a frequência e a amplitude das ondas geradas pelo Diottix® no tórax de indivíduos saudáveis. A aplicação do Diottix® foi realizada nas regiões anterior e posterior do tórax. As ondas mecânicas foram captadas utilizando estetoscópios conectados a microfones de eletreto, os quais estavam ligados a um osciloscópio digital. Os dados de frequência e amplitude foram captados pelo estetoscópio, posicionado em seis pontos na região anterior e seis na posterior do tórax, seguindo as posições comumente utilizadas na ausculta pulmonar. Os sinais foram registrados e transferidos para um computador por meio de um *software* para análise deles. A frequência das ondas não apresentou variação significativa (24,9 a 26,4 Hz). A amplitude de onda na região anterior *versus* posterior em cada segmento do pulmão, terço superior, médio e inferior, apresentou diferença. O Diottix® produz frequências no tórax de acordo com o calibrado; desta forma, pode ser um recurso complementar às manobras de higiene brônquica. As amplitudes de ondas parecem ser afetadas por outras estruturas, que incluem as partes ósseas e o coração.

**Descritores** | Oscilação da Parede Torácica; Terapia Respiratória; Vibração.

**ABSTRACT** | Diottix® was calibrated at 25 Hz to achieve the frequency indicated in literature as being effective to mobilize the airways secretions. However, the amplitude and frequency of the waves generated by the equipment in different regions of the chest still need to be investigated. The objective of this study was to analyze the frequency and amplitude of waves generated by Diottix® in chests of healthy subjects. Diottix® was used in the anterior and posterior regions of the chest. The mechanical waves were captured using stethoscopes connected to electret microphones, which were connected to a digital oscilloscope. Frequency and amplitude data were recorded by the stethoscope, positioned in six points in the anterior region and six in the posterior region of the chest, following the positions commonly used in pulmonary auscultation. Signals were recorded and transferred to a computer with software for their analysis. The frequency of waves did not present a significant change (from 24.9 to 26.4 Hz). The wave amplitude in the anterior *versus* the posterior region in each area of the lung, the upper, middle and lower, had differences. Diottix® produces frequencies in the chest according to the calibrated; thus, it can be a complementary resource to bronchial hygiene maneuvers. The amplitudes of waves seem to be affected by other structures like bone parts and heart.

**Keywords** | Chest Wall Oscillation; Respiratory Therapy; Vibration.

Estudo desenvolvido na Clínica de Fisioterapia das Faculdades Integradas de Bauru (FIB) - Bauru (SP), Brasil.

<sup>1</sup>Curso de Fisioterapia das FIB - Bauru (SP), Brasil.

<sup>2</sup>Departamento de Fisioterapia da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP) - Marília (SP), Brasil.

<sup>3</sup>Departamento de Fisioterapia do Hospital Sírio-Libanês - São Paulo (SP), Brasil.

<sup>4</sup>Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Paulista (UNIP) - Bauru (SP), Brasil.

<sup>5</sup>Laboratório de Fisioterapia Cardiopulmonar, Departamento de Fisioterapia, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) - São Carlos (SP), Brasil.

Endereço para correspondência: Roberta Munhoz Manzano - FIB - Rua José Santiago, Q15 - Jardim Ferraz - CEP: 17100-000 - Bauru (SP), Brasil - E-mail: roberta\_m\_m@hotmail.com  
Apresentação: dez. 2013 - Aceito para publicação: out. 2014 - Fonte de financiamento: nenhuma - Conflito de interesses: nada a declarar - Apresentação em evento científico: V Simpósio de Reabilitação do Hospital Estadual de Bauru (2011) e VII Jornada Científica das FIB (2012) - Parecer de aprovação no Comitê de Ética nº 0068/11.

**RESUMEN** | Diottix® fue calibrado en 25 Hz para alcanzar la frecuencia indicada en la literatura como eficaz para movilizar secreciones de las vías aéreas. La amplitud y frecuencia de ondas generadas por el equipamiento en las diferentes regiones del tórax aun necesitan de más investigaciones. El objetivo de ese estudio fue analizar la frecuencia y amplitud de ondas generadas por el Diottix® en el tórax de sujetos saludables. La aplicación del Diottix® fue realizada en las regiones anterior y posterior del tórax. Las ondas mecánicas fueron captadas utilizándose estetoscopios ligados a micrófonos de electret, los cuales estaban ligados a un osciloscopio digital. Los datos de frecuencia y amplitud fueron captados por el estetoscopio posicionado en seis puntos en la región anterior y seis en la posterior del tórax,

siguiendo las posiciones comúnmente utilizadas en la auscultación pulmonar. Los señales fueron registrados y transferidos para una computadora a través de un programa para su análisis de datos. La frecuencia de ondas no presentó variación significativa (del 24,9 al 26,4 Hz). La amplitud de onda en la región anterior *versus* posterior en cada segmento del pulmón, tercio superior, medio e inferior, presentó diferencia. Lo Diottix® produce frecuencias en el tórax según el calibrado. Por lo tanto, puede ser un recurso complementario a las maniobras de higiene de los bronquios. Las amplitudes de ondas parecen ser afectadas por otras estructuras, las cuales incluyen partes óseas y el corazón.

**Palabras clave** | Oscilación de la Pared Torácica; Terapia Respiratoria; Vibración.

## INTRODUÇÃO

Um dos objetivos básicos da Fisioterapia Respiratória é a facilitação do *clearance* mucociliar por meio das manobras de higiene brônquica, visando manter a permeabilidade das vias aéreas, evitando o acúmulo de secreções e facilitando as trocas gasosas<sup>1</sup>. A constante exposição da mucosa respiratória aos diferentes tipos de agentes nocivos, como micro-organismos e poluentes atmosféricos, pode aumentar a produção do muco no trato respiratório, ativando o mecanismo de depuração mucociliar<sup>2</sup>. O muco se agrega a produtos de degradação celular e a substâncias inaladas e são transportados no sentido cefálico, por meio do batimento ciliar do epitélio respiratório, com frequência entre 8 a 15 Hz<sup>3</sup>.

Em determinadas doenças respiratórias, como bronquite crônica, bronquiectasias e fibrose cística, há hiperprodução de muco e a depuração mucociliar pode se encontrar reduzida, favorecendo o acúmulo de secreções e contribuindo para o aparecimento de infecções. Neste contexto, tornam-se fundamentais o desenvolvimento e a utilização de métodos que permitam favorecer o transporte mucociliar<sup>3</sup>.

King et al. encontraram uma frequência que diminui a viscosidade do muco com oscilações entre 3 a 16 Hz<sup>4</sup>. Em 1990, os mesmos autores concluíram que a oscilação de alta frequência na parede torácica de cachorros dobrou o *clearance* traqueal em 13 Hz, no entanto aquele da via aérea não aumentou<sup>5</sup>. Tomkiewicz et al. observaram que a viscosidade é reduzida após 30 minutos, com uma oscilação de 22 Hz<sup>6</sup>. Recentemente, Mueller et al. relataram que a frequência ideal para mobilizar secreções é em torno de 13 Hz<sup>7</sup>.

A Fisioterapia Respiratória dispõe de recursos que buscam mobilizar as secreções nas vias aéreas e aumentar a expectoração, contribuindo para melhorar a ventilação,

a oxigenação e, portanto, a função pulmonar. Entre os procedimentos utilizados, estão as técnicas de drenagem postural, as respirações controladas, a vibrocompressão, a aspiração traqueobrônquica, a tosse assistida, a percussão e a oscilação oral de alta frequência, as quais podem ser utilizadas isoladas ou combinadas<sup>8-11</sup>. A eficácia destas manobras de Fisioterapia Respiratória ainda é discutida na literatura<sup>11-15</sup>.

Chatburn<sup>11</sup> descreveu alguns equipamentos que geram alta frequência no tórax, sendo cada uma gerada por eles muito divergente. O aparelho de ventilação pulmonar intrapercussiva opera com frequência entre 1,7 a 5 Hz; o *Percussionator* (Breas IMP2) funciona entre 1 a 6 Hz; o *Percussive Neb*, entre 11 a 30 Hz e o *The Vest*, entre 2 a 25 Hz<sup>11</sup>.

As modalidades de terapia manual e os dispositivos auxiliares para higiene brônquica apresentam algumas limitações em sua utilização na prática clínica, como, por exemplo, a presença de osteoporose, que inviabiliza a realização de percussões torácicas manuais. Por outro lado, a redução no nível de consciência dos pacientes pode limitar a utilização dos dispositivos de oscilação oral de alta frequência<sup>16</sup>.

Foi proposto um equipamento que busca complementar os recursos de higiene brônquica, chamado dispositivo oscilatório torácico tixotrópico (Diottix® – patente para aprovação com número de registro (Modelo de Utilidade) MU 91016975). O Diottix® foi calibrado a 25 Hz<sup>17</sup>, porém ainda não se sabe qual frequência que este equipamento gera no tórax humano e qual é o comportamento das ondas mecânicas nas diferentes regiões deste órgão.

Nesse contexto, o osciloscópio, que é um instrumento utilizado para avaliar a frequência em Hz bem como as amplitudes de ondas geradas, pode ser útil para analisar tais propriedades do Diottix® no tórax de um humano saudável, e assim detectar as diferenças entre as suas regiões. Esses resultados poderiam servir de base comparativa para outras

avaliações em processos patológicos, como o aumento de secreção nas vias aéreas, provocado por inúmeras doenças pulmonares crônicas. Portanto, este estudo teve como objetivo analisar a frequência e a amplitude das ondas geradas pelo Diottix® no tórax de humanos saudáveis.

## METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa prospectiva de caráter transversal. Participaram do estudo indivíduos do sexo masculino, hígidos, acima de 18 anos, sem relato de doenças pulmonares crônicas prévias, que não apresentavam alterações na caixa torácica e não tivessem sido submetidos a procedimentos cirúrgicos na caixa torácica previamente. Todos os sujeitos assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, com protocolo 0068/11.

Foram excluídos indivíduos que apresentassem doenças respiratórias, tabagistas ou que se recusassem a participar da pesquisa.

Para caracterizar a amostra, foram realizadas as medidas de massa corporal e altura e calculado o índice de massa corporal (IMC), dividindo-se o peso pela altura ao quadrado.

Os participantes foram submetidos à prova de função pulmonar pela espirometria, que foi realizada segundo os critérios da *American Thoracic Society* (ATS, em 1999) e das Diretrizes para Testes de Função Pulmonar, em 2002, em um espirômetro portátil<sup>18,19</sup> (IQ TeQ *Spirometer*, versão 4.981, África do Sul). Após repouso de cinco minutos, foram realizadas três provas de capacidade vital forçada, reprodutivas e aceitáveis. As variáveis analisadas foram capacidade vital forçada (CVF), volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF<sub>1</sub>) e a relação VEF<sub>1</sub>/CVF.



Figura 1. DSO 2090 com dois canais

## Preparação para captação das ondas

A obtenção das ondas mecânicas foi realizada utilizando três estetoscópios conectados a microfones de eletreto, os quais eram ligados a um osciloscópio digital (Modelo DSO 2090 40 mHz, dois canais USB, QinkDao, China). Os dados obtidos pelo osciloscópio foram transmitidos para um computador e registrados por meio do *software* DSO-2090 USB, versão 7.0.0.0. Por meio do osciloscópio, a frequência foi obtida em Hertz (Hz) e a amplitude em milivolts (Mv), em dois canais independentes. Assim, para a captação das ondas nos terços superior, médio e inferior do tórax, foi necessário utilizar dois osciloscópios. A Figura 1 mostra um com os dois canais, e a Figura 2 apresenta o desenho experimental.

Foram determinados seis pontos na região anterior (três em cada hemitórax) e seis na posterior do tórax (três em cada hemitórax), seguindo as posições comumente utilizadas na ausculta pulmonar<sup>20</sup>.

Na região anterior, o primeiro ponto estava localizado à 10 cm do mamilo, em sentido apical. O segundo estava a 2 cm medialmente ao mamilo e o terceiro, localizado 10 cm abaixo do mamilo, lateralizando aproximadamente mais 10 cm. O procedimento se repetiu no hemitórax contralateral. Na região posterior também foram determinados seis pontos, três em cada hemitórax. O primeiro estava localizado a 5 cm do processo espinhoso de C7, no sentido lateral, sendo que o segundo estava a 1 cm do centro da borda medial da escápula no sentido medial e o terceiro a 2 cm abaixo do ângulo inferior da escápula no sentido caudal<sup>21</sup>.

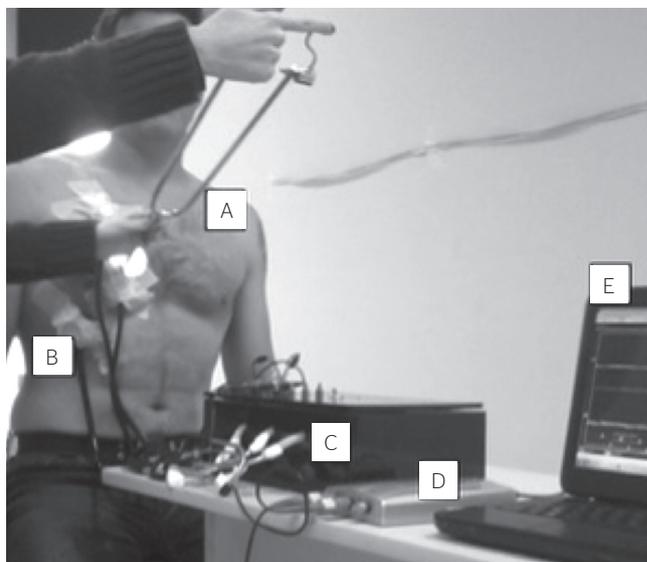


Figura 2. Foto ilustrativa do desenho experimental. (A) Aplicação do Diottix®; (B) estetoscópios posicionados na região anterior do hemitórax direito; (C) ligados aos microfones de eletreto; (D) conectados ao osciloscópio e (E) interfacetados com o *software* para análise da amplitude e frequência dos sinais

Para fixar o microfone de eletreto, retirou-se uma das olivas de cada um dos estetoscópios, e o mesmo foi 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 dados foram coletados em local silencioso, buscando assim eliminar os efeitos de ruídos externos e possibilitar a captação de sons com maior qualidade.

## Aplicação do Diottix®

Com os estetoscópios acoplados na região anterior do tórax, o Diottix® foi aplicado na mesma região, sendo que esta aplicação foi chamada de ausculta anterior com aplicação anterior (AAAA). Ainda com o estetoscópio na região anterior do tórax, o dispositivo foi empregado na área posterior, o que se chamou de ausculta anterior com aplicação posterior (AAP).

Quando os estetoscópios foram acoplados na região posterior do tórax e o Diottix® aplicado na posterior, chamou-se de ausculta posterior com aplicação posterior (APAP) e com os estetoscópios na região posterior e o Diottix® aplicado na região anterior, denominou-se ausculta posterior com aplicação anterior (APAA).

Tabela 1. Caracterização da amostra e função pulmonar

Característica	Média±DP
Idade (anos)	23,8±4,9
Peso (kg)	72,1±13,4
Altura (cm)	172±9,2
IMC (kg/cm <sup>2</sup> )	24,3±1,6
CVF (%)	95,2±16,9
VEF <sub>1</sub> (%)	92,4±18,4
VEF /CVF (%)	87,2±0,7

DP: desvio padrão; IMC: índice de massa corporal; CVF: capacidade vital forçada; VEF<sub>1</sub>: volume expiratório forçado no primeiro segundo

Tabela 2. Frequência de onda nos locais de aplicação do Diottix® e nas regiões pulmonares

Ausculta local	Aplicação anterior				Aplicação posterior			
	Anterior		Posterior		Anterior		Posterior	
	D	E	D	E	D	E	D	E
1/3 Superior	25,2±0,23	25,2±0,15	26,0±1,65	25,2±0,52	25,2±0,62	25,2±0,42	25,2±0,22	25,1±0,18
1/3 Medial	25,2±0,18	25,4±0,37	25,0±0,57	25,7±0,40	25,1±1,09	25,8±1,18	24,9±0,64	25,3±0,20
1/3 Inferior	25,1±0,25	25,3±0,29	25,1±0,40	26,4±1,43	25,1±0,54	25,3±0,45	25,2±0,20	25,0±0,38

Dados em média±desvio padrão. Não houve diferenças entre as aplicações e as regiões de ausculta

Tabela 3. Amplitude de onda nos locais de aplicação do Diottix® e nas regiões pulmonares

Ausculta local	Aplicação anterior				Aplicação posterior			
	Anterior		Posterior		Anterior		Posterior	
	D	E	D	E	D	E	D	E
1/3 Superior	48,0±17,3	66,3±15,8	20,5±9,7	17,6±14,5	19,7±4,0	20,5±8,3	75,3±9,5 <sup>#</sup>	45,3±16,9 <sup>§</sup>
1/3 Medial	49,7±16,7	45,7±18,7*	16,6±8,5	17,8±13,1	17,9±5,3	17,0±4,3	73,6±9,9 <sup>#</sup>	49,2±19,3
1/3 Inferior	58,2±17,1	41,2±16,5*	25,6±4,8	19,7±16,3	18,0±5,4	20,1±3,8	61,2±17,1	59,3±17,3 <sup>§</sup>

Dados em média±desvio padrão; \*p<0,05 (versus 1/3 superior E); <sup>#</sup>p<0,05 (versus ausculta anterior com aplicação anterior direito); <sup>§</sup>p<0,05 (versus ausculta anterior com aplicação anterior esquerdo)

A aplicação do Diottix® foi realizada pela aproximação dos prolongamentos de formato sinuoso, por meio de um movimento de pinça e posterior retirada brusca dos dedos<sup>17</sup>.

## Análise estatística

As medidas de frequência e amplitude de ondas mecânicas geradas pelo Diottix® foram comparadas entre os pontos captados no hemitórax direito e esquerdo, e anterior e posterior do tórax, utilizando-se o teste *t* para amostras pareadas se distribuição normal ou o teste de Wilcoxon, se fosse não normal. Para a relação entre ápice, terço médio e base, utilizou-se a análise de variância (Anova) *one-way*, com o *Holm-Sidak Method* como pós-teste discriminatório. Quando os dados não apresentaram os pré-requisitos de distribuição normal e a mesma variância, empregou-se o teste de Kruskal-Wallis. A análise estatística foi realizada utilizando-se o *software Sigma Stat for Windows* (versão 3.5), com um índice de significância ( $p<0,05$ ) e intervalo de confiança de 95%.

## RESULTADOS

Foram avaliados 15 sujeitos do sexo masculino. Os dados de idade, peso, altura, IMC, espirometria e cirtometria da amostra estudada estão apresentados na Tabela 1.

A frequência da onda não teve variação significativa (24,9 a 26,4 Hz), independentemente do ponto de aplicação e ausculta, que estão apresentados na Tabela 2.

A amplitude de onda, quando comparados os hemitórax direito e esquerdo, em cada segmento dos torácicos, não apresentou diferença em todas as formas de aplicação (Tabela 3).

A comparação da amplitude de onda na AAAA *versus* AAAP em cada segmento do pulmão, terço superior direito *versus* esquerdo, terço médio direito *versus* esquerdo e terço inferior direito *versus* esquerdo, mostrou diferença significativa (Tabela 3).

A amplitude de onda apresentou diferença na AAAA no tórax esquerdo, entre os terços superior e médio, e os terços superior com o inferior do tórax esquerdo, apresentando maior amplitude no terço superior (Tabela 3).

## DISCUSSÃO

Os principais achados do presente estudo são que a frequência do Diottix<sup>®</sup> se manteve inalterada nas diferentes regiões do tórax de indivíduos saudáveis; a amplitude foi superior nas regiões médias e inferiores em comparação à superior do tórax esquerdo, e na posterior do tórax direito ao relacionar com a região anterior do mesmo hemitórax quando a aplicação foi posterior, e a amplitude foi menor na região posterior esquerda em comparação com a anterior, porém na inferior mostrou-se maior.

A onda sonora avaliada neste estudo é periódica, ou seja, 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 de sua velocidade com o tempo, é expressa sempre uma função senoidal, que fornece as seguintes variáveis: amplitude, significando o maior deslocamento das moléculas do meio em relação ao ponto médio da vibração, e frequência, que é o número de ciclos por unidade de tempo<sup>22</sup>.

A amplitude está relacionada com a duração da vibração, que é maior quando a ausculta é realizada próxima ao local de aplicação do Diottix<sup>®</sup> (AAAA e APAP). Portanto, quando a ausculta é feita afastada do local da aplicação (AAAP e APAA), a amplitude de onda é menor, ou seja, as ondas geradas pelo diapasão geram maior deslocamento das moléculas próximo ao ponto de aplicação e perdem intensidade quanto mais distantes estiverem deste ponto. Ela também se relaciona com a densidade dos tecidos orgânicos, no caso do parênquima pulmonar, a amplitude e o pico de amplitude são maiores<sup>22</sup>. Em contrapartida, órgãos do mediastino, tais como coração e grandes vasos, podem ser responsáveis pelos menores valores encontrados no hemitórax esquerdo na ausculta posterior com aplicação posterior, mesmo quando o Diottix<sup>®</sup> foi utilizado próximo ao local de ausculta.

A amplitude e frequência de onda geradas pelo dispositivo Flutter<sup>®</sup> VRP1 foram avaliadas pela técnica fotoacústica, utilizando microfones de eletreto, e mostraram variação da frequência de 1 a 35 Hz<sup>20</sup>. A amplitude de onda gerada pelo Flutter<sup>®</sup> VRP1 se mostrou uniforme no hemitórax direito, sendo que, no lado esquerdo, ela foi maior na base quando comparada com as regiões apical e medial. Este fato foi explicado pelos autores devido à atenuação da propagação das ondas sonoras geradas pelo dispositivo Flutter<sup>®</sup> VRP1 no coração<sup>20</sup>. No presente estudo, a amplitude na base do hemitórax esquerdo foi maior quando o Diottix<sup>®</sup> foi aplicado na região posterior com ausculta posterior, no entanto, esta diferença não foi significativa.

O Flutter<sup>®</sup> é um dispositivo que combina pressão positiva expiratória (PEP) e oscilações de alta frequência, assim gera ondas por meio da variação de pressão. Elas atingem as regiões basais, que apresentam maiores quantidades de tecido pulmonar e que, conseqüentemente, promoveriam maior variação de pressão. Já o Diottix<sup>®</sup> é aplicado diretamente na região do tórax, portanto, não depende da oscilação pressórica na via aérea, mas somente dos tecidos que recebem esta vibração. Quanto maior a quantidade de tecido, maior é a redução da amplitude de onda.

Silveira comparou o uso do Flutter<sup>®</sup> VRP1 com a fisioterapia convencional em portadores de fibrose cística, e relatou que o dispositivo pode gerar frequências de aproximadamente 15 Hz<sup>16</sup>, a frequência que a fisioterapia respiratória manual atinge durante as manobras é controversa na literatura, assim como sua eficácia<sup>8</sup>. Observa-se que aquela encontrada na literatura nos equipamentos de oscilação oral é discrepante, desse modo destaca-se o diferencial do Diottix<sup>®</sup>, no qual a frequência pouco varia, ficando entre 24,9 e 26,4 Hz. Tal instrumento foi capaz de atingir a frequência proposta, com a vantagem da variação na frequência ser mínima, diferentemente do Flutter<sup>®</sup> VRP1. Nesse contexto, ainda são necessárias novas pesquisas com o objetivo de comparar seus efeitos com o Flutter<sup>®</sup> VRP1 ou mesmo com a fisioterapia respiratória convencional.

Quando comparados o Flutter<sup>®</sup> VRP1 e o Acapella em diferentes PEP e fluxos, os autores observaram que, nos extremos (de 5 e 30 L), o Acapella gera pouca oscilação no fluxo aéreo, na amplitude pressórica e na frequência. Além disso, quando comparado ao Flutter<sup>®</sup>, este gera maiores oscilações na amplitude, mesmo em baixos fluxos<sup>24</sup>. O Diottix<sup>®</sup> foi construído para manter a frequência fixa, porém nosso estudo mostrou que a amplitude varia consideravelmente quando aplicada no tórax, já que esta variável é dependente dos tecidos biológicos

que sofrem ação do equipamento, justificando assim a ampla variação. Além disso, a comparação com estudos anteriores torna-se difícil, já que as variáveis deste estudo foram obtidas diretamente do tórax, enquanto que, nos outros, a obtenção das variáveis foi obtida diretamente no Flutter® VRP1 ou no Acapella<sup>24</sup>.

Outro grupo comparou o Acapella, o Flutter® VPR1 e o Shaker. As frequências foram semelhantes em todos os aparelhos, e a amplitude de onda foi diferente entre eles<sup>10</sup>. Também foi realizada a comparação do Acapella® Choice, Acapella® Azul, Acapella® Verde *versus* a garrafa de água. Todos os dispositivos testados alcançaram uma frequência na via aérea entre 12 a 15 Hz<sup>7</sup>.

Neste estudo, apesar da variação na amplitude, a frequência se manteve constante, o que é uma grande vantagem do Diottix®, já que a frequência dos osciladores orais e das manobras de higiene brônquica podem variar consideravelmente.

### Limitações do estudo

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

A avaliação da frequência foi realizada com sensores cutâneos, os quais podem alterar a frequência de vibração em função da influência de outros tecidos, como a pele. Por isso, estudos avaliando as pressões geradas no tórax quando realizado o Diottix® precisam ser produzidos. 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, nesta pesquisa, 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

O Diottix® produz frequências no tórax conforme o calibrado no aparelho, podendo assim ser um recurso complementar às manobras de higiene brônquica para fisioterapeutas respiratórios. Entretanto, as amplitudes de ondas parecem ser afetadas por outras estruturas, que incluem as partes ósseas e o coração.

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Luiz Vicente Franco de Oliveira e Camila Gimenes pela sugestão e realização da espirometria.

### REFERÊNCIAS

1. Jones AP, Rowe BH. Withdrawn: bronchopulmonary hygiene physical therapy for chronic obstructive pulmonary disease and bronchiectasis. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. The Cochrane Library. 2013(11):CD000045.
2. Trindade SH, Mello Junior JF, Mion OG. Métodos de estudo do transporte mucociliar. *Rev Bras Otorrinolaringol*. 2007;73(5):704-12.
3. Van Der Schans CP. Bronchial Mucus Transport. *Respir Care* 2007;52(9):1150-6.
4. King M, Phillips DM, Gross D, Vartian V, Chang HK, Zidulka A. Enhanced tracheal mucus clearance with high frequency chest wall compression. *Am Rev Respir Dis*. 1983;128(3):511-5.
5. King M, Zidulka A, Phillips D, Wright D, Gross D, Chang HK. Tracheal mucus clearance in high-frequency oscillation: effect of peak flow rate bias. *Eur Respir J*. 1990;3(1):6-13.
6. Tomkiewicz RP, Biviji AA, King M. Effects of oscillating air flow on the rheological properties and clarity of mucous gel simulants. *Bioreheology*. 1994;31(5):511-20.
7. Mueller G, Bersch-Porada I, Koch-Borner S, Raab AS, Jonker M, Bamberger M, et al. Laboratory evaluation of four different devices for secretion mobilization: acapella choice, green and blue versus water bottle. *Respir Care*. 2014;59(5):673-7.
8. Bott J, Blumenthal S, Buxton M, Ellum S, Falconer C, Garrod R, et al. Guidelines for the physiotherapy management of the adult, medical, spontaneously breathing patient. *Thorax*. 2009;64(Suppl 1):i1-i51.
9. França EE, Ferrari P, Fernandes P, Cavalcanti R, Duarte A, Martinez BP, et al. Fisioterapia em pacientes críticos adultos: recomendações do Departamento de Fisioterapia da Associação de Medicina Intensiva Brasileira. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2012;24(1):6-22.
10. Santos AP, Guimarães RC, Carvalho EM, Gastaldi AC. Mechanical Behaviors of Flutter VRP1, Shaker, and Acapella Devices. *Respir Care*. 2013;58(2):298-304.
11. Chatburn RL. High-frequency assisted airway clearance. *Respir Care*. 2007;52(9):1224-37.
12. Nellessen A, Hernandez NA, Pitta F. Physiotherapy and rehabilitative interventions in patients with chronic respiratory diseases: exercise and non-exercise treatment. *Panminerva Med*. 2013;55(2):197-209.
13. Barbas CV, Isola AM, Farias AM. Diretrizes brasileiras de ventilação mecânica. 2013. Associação de Medicina Intensiva Brasileira e Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia; 2013:1-140. [citado 15 Jan. 2014]. Disponível em: <http://www.sbp.org.br/?op=paginas&tipo=secao&secao=18&pagina=101>
14. Castro AM, Calil SR, Freitas SA, Oliveira AB, Porto EF. Chest physiotherapy effectiveness to reduce hospitalization and mechanical ventilation length of stay, pulmonary infection rate and mortality in ICU patients. *Respir Med*. 2013;107:68-74.
15. Stiller K. Physiotherapy in Intensive Care. An Updated Systematic Review. *Chest*. 2013;144(3):825-47.

16. Silveira ACT, Cunha CS, Pacheco DB, Silva NMA. Uso da oscilação oral de alta frequência em pacientes ventilados mecanicamente, um estudo prospectivo e revisão de literatura. *Cad UniFOA*. 2007;2(4):105-10.
17. Alcântara JR, Santos RL, Albino DD, Manzano RM. Desenvolvimento de aparelho de diapasão como uma ferramenta auxiliar nas manobras de higiene brônquica para fisioterapeutas. *ConScientae Saúde*. 2012;11(4):529-34.
18. Hankinson JL, Odencrantz JR, Fedan KB. Spirometric reference values from a sample of the general U.S. population. *Am J Respir Crit Care Med*. 1999;159:179-87.
19. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. Diretrizes para Testes de Função Pulmonar. *J Pneumol*. 2002;28(3 Suppl):74-9.
20. Oliveira LH, Sá PF, Moraes ER, Barja PR, Avalos DA, Oliveira LV. Análise das frequências acústicas geradas pelo Flutter VRP1 no tórax humano. IX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e V Encontro Latino Americano de Pós-graduação, Universidade do Vale do Paraíba. Vale do Paraíba: Univap; 2006. p. 1615-8.
21. Carvalho VO, Souza GE. O estetoscópio e os sons pulmonares: uma revisão da literatura. *Rev Med (São Paulo)*. 2007;86(4):224-31.
22. Garcia EAC. *Biofísica*. São Paulo: Sarvier; 2002.
23. McIlwaine PM, Wong LT, Peacock D, Davison AG. Long-term comparative trial of positive expiratory pressure versus oscillating positive expiratory pressure (flutter) physiotherapy in the treatment of cystic fibrosis. *J Pediatr*. 2001;138(6):845-50.
24. Volsko TA, Defiore JM, Chatburn RL. Performance comparison of two oscillating positive expiratory pressure devices: Acapella versus Flutter. *Respir Care*. 2003;48(2):124-30.