Universidade de São Paulo
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto

2019

Efeitos da taquipneia e hiperinsuflação dinâmica sobre a resistência do sistema respiratório em pacientes com bronquiectasias

PPGRDF
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
REABILITAÇÃO E DESEMPENHO FUNCIONAL
FMRP-USP

Ricardo Grassi Moroli

Dissertação de Mestrado

RICARDO GRASSI MOROLI

Efeitos da taquipneia e hiperinsuflação dinâmica sobre a resistência
do sistema respiratório em pacientes com bronquiectasias

Versão corrigida

Dissertação de mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Reabilitação
e Desempenho Funcional da Faculdade de
Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de
São Paulo

Área de concentração: Fisioterapia

Orientadora: Profa. Dra. Ada Clarice Gastaldi

Ribeirão Preto
2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional e eletrônico, para fins de estudo ou pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na publicação
Serviço de Biblioteca e Comunicação
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

Moroli, Ricardo Grassi

Efeitos da taquipneia e hiperinsuflação dinâmica sobre a resistência do sistema respiratório em pacientes com bronquiectasias / Ricardo Grassi Moroli; orientadora Ada Clarice Gastaldi – Ribeirão Preto, 2019.

54 f.

Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Departamento de Ciências da Saúde. Área de concentração: Fisioterapia.

1. Oscilometria de impulso.
2. Exercício.
3. Bronquiectasia.
4. Hiperinsuflação dinâmica.
5. Fisioterapia.

Nome: Ricardo Grassi Moroli

Título: Efeitos da taquipneia e hiperinsuflação dinâmica sobre a resistência do sistema respiratório em pacientes com bronquiectasias

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção de título de Mestre em Ciências

Aprovado em:

Banca Examinadora

Profa. Dr(a)	_____
Instituição	_____
Julgamento	_____
Profa. Dr(a)	_____
Instituição	_____
Julgamento	_____
Profa. Dr(a)	_____
Instituição	_____
Julgamento	_____

Dedico este trabalho aos meus pais Ronaldo e Rosa e minha irmã Rosibele, que sempre estiveram ao meu lado, sempre me apoiaram e nunca me deixaram desistir.

Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a **DEUS**, por estar presente em todos os momentos da minha vida, me dando força para superar todos meus obstáculos nunca me deixando cair.

Aos meus pais **Ronaldo e Rosa** e minha irmã **Rosibele**, por serem meu exemplo de vida, minha maior inspiração e por estarem comigo em todas as minhas decisões. Agradeço vocês por todo amor dedicado, apoio e por compreender meus momentos de ausência. Sem vocês, nada disso seria possível.

De forma especial, agradeço minha orientadora Professora Doutora **Ada Clarice Gastaldi**. Muito obrigado por ter me recebido em seu laboratório, por permitir fazer parte desta equipe, pela oportunidade de trabalhar ao seu lado, pela confiança, pela dedicação com este trabalho, paciência e por todo conhecimento transmitido a mim que certamente contribuiu para meu crescimento. Muito obrigado.

Aos meus colegas e amigos do Laboratório de Avaliação Respiratória, **Alessandra Lago, Beatriz Galli, Esther Wilches, Ivan Ottoni, Larissa Perossi, Livia Arcencio e Jéssica Perossi**, muito obrigado pela troca de experiências, conhecimentos, amizade, companheirismo e por tornar nossa convivência mais feliz. Em especial, agradeço a doutoranda **Daniele Oliveira** por toda colaboração e empenho, não medindo esforços para concretização deste trabalho e a mestranda **Maytê Assunção** pela amizade e ajuda no recrutamento dos voluntários. Desejo a todos vocês um futuro brilhante.

À todos os **Voluntários** que prontamente aceitaram participar desta pesquisa. Sem eles, este trabalho não seria possível. Muito obrigado pela confiança, disponibilidade e por me ensinar tanto com a história de vida de cada um de vocês. Meus sinceros agradecimentos.

À consultora **Tatiana Reis Icuma**, pela competência, dedicação e presteza em realizar o serviço de bioestatística. Muito obrigado.

A todos meus **Amigos** de longa data. Mesmo distante, sempre estiveram muito presentes em todos os momentos. Obrigado por entender meus momentos de ausência. Aos **Amigos** que a pós-graduação me presenteou, muito obrigado pela amizade, companheirismo e momentos de distração. Certamente sem a amizade de vocês, tudo seria mais difícil.

À **CAPES**, pela concessão da bolsa de mestrado e apoio a pesquisa. Muito obrigado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento do aparelho de Oscilometria de Impulso.

O bem que você faz hoje pode ser esquecido amanhã. Faça o bem assim mesmo. Veja que, ao final das contas, é tudo entre você e Deus! Nunca foi entre você e os outros. (Madre Teresa de Calcutá)

RESUMO

MOROLI, RG. Efeitos da taquipneia e hiperinsuflação dinâmica sobre a resistência do sistema respiratório em pacientes com bronquiectasias [dissertação]. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto; 2019.

Introdução: Bronquiectasias (BQC) são caracterizadas pela dilatação patológica e irreversível dos brônquios. Nestas situações pode-se observar redução da capacidade de exercício e limitações ao esforço por dispneia, aumento da frequência respiratória e hiperinsuflação dinâmica. **Objetivo:** Avaliar os efeitos do aumento da demanda ventilatória sobre a mecânica do sistema respiratório, simulando o que acontece no exercício, em indivíduos com BQC e em indivíduos controles. **Métodos:** Foram avaliados 30 voluntários com BQC ($49,47 \pm 15,31$ anos) e 16 SDP ($40,19 \pm 15,74$ anos). A capacidade vital e inspiratória foram avaliadas pela ventilometria. A resistência a 5 e 20 Hz (R5 e R20) e subtração de R5-R20, reatância a 5 Hz (X5), frequência de ressonância (Fres) e área de reatância (Ax) foram avaliadas pelo sistema de oscilometria de impulso (IOS), com respirações ao volume corrente e frequência respiratória basal (Fb); com aumento da frequência respiratória (F) a 30 e 40 incursões respiratórias por minuto (irpm) (F30 e F40), e hiperinsuflado basal (Hb) e com aumento da F (H30 e H40). **Resultados:** No IOS, nas comparações entre os grupos, houve diferença ($p < 0,05$) para R5, R5-20, X5, Fres e Ax, apenas R20 não apresentou diferença significativa ($p > 0,05$). No grupo BCQ, quando comparadas as frequências (Fb, F30 e F40) houve diferença para R5, R5-20, X5, Fres e Ax, ($p < 0,05$). Quando comparadas a hiperinsuflação voluntária com aumento de F (Hb, H30 e H40) houve diferença para R5, R5-20, X5 e Ax, ($p < 0,05$). Entre as situações de aumento de F, e, aumento de volume, houve diferença para R5, R20, R5-20, X5, Fres e Ax, ($p < 0,05$). No grupo controle, para a R20, houve diferença entre H30 e H40 com F40. A X5 apresentou diferença entre Hb e as frequências (Fb, F30 e F40) e aumento volume (H30 e H40), $p < 0,05$. **Conclusão:** A taquipneia aumentou a resistência total, central e periférica das vias aéreas em indivíduos com BQC e a resistência central no grupo controle. Por outro lado, a hiperinsuflação voluntária promoveu um efeito protetor sobre a resistência, aproximando-a dos valores basais, em ambos os grupos.

Palavras-chave: Oscilometria de impulso. Exercício. Bronquiectasia Hiperinsuflação dinâmica. Fisioterapia.

ABSTRACT

MOROLI, RG. Effects of respiratory rate and dynamic hyperinflation on respiratory system resistance in patients with bronchiectasis [thesis]. Ribeirão Preto: University of São Paulo, Ribeirão Preto Medical School, 2019.

Introduction: Bronchiectasis (NFCB) are characterized by pathological and irreversible bronchial dilation. Reduction of exercise capacity, dyspnea, increased respiratory rate, and dynamic hyperinflation can be observed in patients with this condition. **Objective:** To evaluate the effects of increased and ventilatory demand and increase of respiratory rate of the respiratory system, during simulation of physical exercise in individuals with NFCB and in control subjects. **Methods:** Thirty volunteers with NFCB (49.47 ± 15.31 years old) and 16 control (40.19 ± 15.74 years old) were evaluated. The vital and inspiratory capacity was evaluated by ventilometry. Resistance at 5 and 20 Hz (R5 and R20, respectively) and R5-R20, reactance at 5 Hz (X5), resonance frequency (Fres), and reactance area (Ax) were evaluated by impulse oscillometry system (IOS). Measurements included basal tidal volume (TV), basal TV and respiratory rate (R), 30 breaths (RR30) per min (bpm), basal TV and rate 40 (RR40) bpm, basal hyperinflation (bh), hyperinflation and r30 bpm (h30), and hyperinflation and r40bpm (h40). **Results:** In IOS, the comparisons between groups, there was difference ($p < 0.05$) for R5, R5-20, X5, Fres and Ax, only R20 did not present significant difference ($p > 0.05$). In the BCQ group, when comparing the frequencies (TV, RR30 and RR40) there was difference for R5, R5-20, X5, Fres and Ax, $p < 0.05$. When comparing the voluntary hyperinflation with increase of F (Hb, HRR30 and HRR40) there was difference for R5, R5-20, X5 and Ax, ($p < 0.05$). Among the situations of increase of R, and increase of volume, there was difference for R5, R20, R5-20, X5, Fres and Ax, ($p < 0.05$). In the control group, for R20, there was a difference between HRR30 and HRR40 with RR40. The X5 presented difference between Hb and the rate (TV, RR30 and RR40) and volume increase (HRR30 and HRR40), $p < 0.05$. **Conclusion:** Tachypnea increased total, central and peripheral airway resistance in individuals with BQC and central resistance in the control group. And voluntary hyperinflation promoted a protective effect on resistance, approaching baseline values in both groups.

Key words: Impulse oscillometry. Exercise. Bronchiectasis. Dynamic hyperinflation. Physical therapy.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVO.....	15
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
3.1 Critérios de inclusão e exclusão.....	16
3.2 Delineamento do estudo	17
3.3 Análise da função pulmonar.....	17
3.4 Ventilometria	17
3.5 Oscilometria de impulso.....	18
3.5.1 Condições experimentais no sistema de oscilometria de impulso	19
3.6 Análise estatística	21
4 RESULTADOS	22
5 DISCUSSÃO	35
6 CONCLUSÃO.....	43
7 REFERÊNCIAS.....	44
8 ANEXOS	50

1 INTRODUÇÃO

As bronquiectasias são classificadas como uma doença respiratória crônica e são caracterizadas por uma condição inflamatória crônica que causa a dilatação permanente dos brônquios e bronquíolos, resultando na destruição de componentes estruturais da parede brônquica e tecidos conjuntivos elásticos (FAHY, 1992; NICOTRA et al., 1995; BARKER 2002; GOEMINNE, DUPONT, 2010).

As alterações iniciam-se por um estreitamento da árvore brônquica desencadeada por uma infecção, que pode causar inflamação e lesão do epitélio, tornando-se um processo crônico (RADEMACHER et al., 2016). Estas deformações são ocasionadas pela remoção ineficiente de secreções e microorganismos, infecções crônicas ou recorrentes, induzindo a perpetuação de processos inflamatórios (HAYA, DOMINIC, 2012).

Geralmente, as bronquiectasias são secundárias a outras doenças, podem ser decorrentes ou não de fibrose císticas (FC). Dentre as não decorrentes de FC aproximadamente 25% a 50% dos casos são de origem idiopática e as demais estão associadas a causas pós-infecciosas, obstrução brônquica localizada, condições reumáticas, imunodeficiência (primária ou secundária), sequela por inalação tóxica ou aspiração, condições congênitas entre outras. (BOGOSSIAN et al., 1998; BARKER 2002; PASTEUR et al., 2010; HESTER et al., 2016).

O diagnóstico é tradicionalmente realizado pelos sintomas clínicos, e confirmado pela tomografia computadorizada de alta resolução (TCAR). Adicionalmente, estes indivíduos realizam exames para acompanhamento da progressão da funcionalidade pulmonar, sendo a espirometria o exame padrão ouro para avaliação da função pulmonar. No entanto, a espirometria não fornece dados relativos à fisiopatologia da obstrução ao fluxo aéreo, além de exigir bastante cooperação dos pacientes com as manobras forçadas (PAREDI et al., 2010; GUAN et al., 2015). Como alternativa, tem sido propostos testes que exijam uma menor cooperação dos indivíduos, entre eles, a pletismografia, que determina o volume de gás torácico bem como a resistência das vias aéreas, e, a técnica de oscilação forçada, que fornece dados da mecânica respiratória pela

avaliação direta da resistência das vias aéreas.

Porém, para a pletismografia há necessidade de equipamentos mais caros e espaços maiores, o que pode limitar o uso na prática clínica (SMITH; REINHOLD; GOLDMAN, 2005; ALBUQUERQUE et al., 2015). Por outro lado, a técnica de oscilação forçada (TOF), descrita por DuBois e colaboradores, em 1956, é descrita como uma ferramenta útil para avaliar a mecânica pulmonar. Baseado na TOF, em 1975, Michaelson e colaboradores desenvolveram o sistema de oscilometria de impulso (IOS), que usa ondas sonoras em múltiplas frequências, e, é capaz de analisar frequências de 5 a 35 Hz.

O IOS fornece informações compartimentadas sobre alterações das vias aéreas (PAREDI et al., 2010), e discrimina com mais sensibilidade distúrbios das vias aéreas. Além das vantagens relacionadas à sua aplicabilidade, este sistema de avaliação também tem se mostrado mais sensível na identificação precoce de alterações nas vias aéreas de doenças pulmonares quando comparado com o teste de espirometria e pode ser uma ferramenta inovadora para auxiliar na avaliação e tratamento (PAREDI, 2010; GASTALDI, 2015).

Este método avalia a resistência do fluxo aéreo nos pulmões, que é definida medindo razão entre a variação de pressão sobre a variação de fluxo (KAMINSKY, 2012). A resistência que pode ser avaliada pela TOF e/ou IOS compreende a orofaringe, laringe, traqueia, grandes e pequenas vias aéreas do pulmão e parede torácica (MICHAELSON et al., 1975).

Os parâmetros mais comumente avaliados pelo IOS são: resistência a 5 Hz (R5), que representa a resistência total das vias aéreas; resistência a 20 Hz (R20), resistência das vias aéreas centrais; subtração de R5-R20, que reflete a resistência das pequenas vias aéreas; reatância a 5 Hz (X5), relacionada à complacência pulmonar e que traz informações sobre as forças elásticas e inerciais que se opõe ao fluxo, dando informações sobre a distensibilidade das vias aéreas, preferencialmente periféricas; frequência de ressonância (Fres), que é uma frequência intermediária, onde as magnitudes dos componentes de pressão capacitiva e inercial se tornam equivalentes, e, a área de reatância (Ax), que está intimamente ligada com a complacência pulmonar, retratando diferentes graus de obstrução, bem como suas mudanças nas vias aéreas periféricas (PAREDI et al., 2010; BRASHIER; SALVI, 2015).

Os indivíduos acometidos apresentam tosse produtiva incapacitante, falta de ar e hemoptise ocasional, com repetidos episódios de infecção respiratória e exacerbações, que requerem o uso de antibióticos (BARKER 2002). frequentemente apresentam limitação progressiva ao exercício físico, causando diminuição de suas atividades de vida diária, tornando os indivíduos menos ativos, aumentando o risco de comorbidades crônicas e morte precoce (ALISON et al., 1998; KING et al., 2005; PERPATI et al., 2010).

Esta limitação é causada pela redução da capacidade pulmonar, trocas gasosas ineficazes, diminuição da reserva ventilatória, perda de massa muscular e diminuição da função cardiovascular (SWAMINATHAN et al., 2003; JACQUES et al., 2012; MANDAL et al., 2012; BRADLEY et al., 2015).

Estes indivíduos apresentam alterações pulmonares que repercutem em hipoxemia e baixa saturação periférica de oxigênio durante o exercício. Por esta razão, ocorre o aumento da ventilação pulmonar por meio do aumento da estimulação dos quimiorreceptores periféricos e indiretamente pelo aumento na produção de ácido láctico. Esta alteração, resultante do metabolismo anaeróbio durante exercícios de maior intensidade, contribui para a falha da tarefa muscular aumentando ainda mais a ventilação pulmonar, pois o tamponamento do ácido láctico resulta no aumento da produção de dióxido de carbono e a acidose estimula os corpos carótídeos (SOMFAY et al., 2002; SPRUIT et al., 2013), repercutindo em taquipnea e hiperinsuflação dinâmica (HD), aumentando o trabalho respiratório.

Geralmente, estes indivíduos apresentam limitações ao esforço, associadas a dispneia e a hiperinsuflação dinâmica que irá promover a expansão pulmonar e alterar o volume de reserva inspiratório. Essas alterações irão permitir que ocorra um padrão respiratório rápido e superficial ao contrário do que é preconizado para que o trabalho respiratório ocorra de maneira eficiente (O'DONNELL; WEBB, 1993; MACKLEM, 2010; KORTIANOU et al., 2015; CHARUSUSIN et al., 2016).

Nos indivíduos com doenças obstrutivas, os volumes pulmonares encontram-se aumentados de forma desproporcional. Este mecanismo é ocasionado por obstrução das vias aéreas, perda da retração elástica e adaptações musculares e esqueléticas da parede torácica. Estas alterações

estão relacionadas ao alçapamento de ar e consequentemente a hiperinsuflação dinâmica (BARRETO, 2002). A hiperinsuflação dinâmica é um importante mecanismo limitador para pacientes com limitação do fluxo aéreo, e sua principal consequência é o prejuízo e/ou incapacidade de realizar atividades físicas (O'DONNELL, 2006).

Por outro lado, nos indivíduos saudáveis durante o exercício físico ocorre aumento do volume corrente (VC) e da frequência respiratória (FR), e sincronicamente há acréscimo do volume minuto. Este aumento da demanda ventilatória, tanto do VC como da FR estão em sincronia para realizar uma ventilação com o mínimo trabalho, sem causar nenhum descontrole aos músculos respiratórios (MATSUO et al., 2003; LOPES; BRITTO, 2005).

A literatura descreve o uso de situações experimentais controladas para investigar o efeito do aumento da frequência respiratória em indivíduos com padrão obstrutivo (NAKAGAWA et al., 2015), e, o incremento controlado do volume corrente, simulando a hiperinsuflação, em sujeitos com padrão restritivo (OPPENHEIMER et al., 2014). O aumento da demanda ventilatória sobre a resistência das vias em voluntários com bronquiectasias, ainda não foi investigado. É importante investigar se existe algum benefício em utilizar estratégias de controle do padrão respiratório sobre a resistência do sistema respiratório, pois esta redução poderia aumentar a adesão à atividade física, permitindo a estes indivíduos realizarem exercícios de maneira menos exaustiva, promovendo a mudança do comportamento sedentário e melhorando a qualidade de vida.

2 OBJETIVO

Avaliar os efeitos do aumento da demanda ventilatória sobre a mecânica do sistema respiratório, simulando o que acontece no exercício, em pacientes com bronquiectasias e em indivíduos sem doença respiratória.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo de corte transversal, em que o cálculo amostral foi realizado a partir de dados obtidos em um estudo piloto, com base na variável R5, pelo software G*Power (versão 3.1.9.2), com o efeito a ser detectado de 0,03 kPa/l/s com um desvio padrão de 0,06 kPa/l/s, alfa de 5% e poder de 95%, resultando em um tamanho estimado da amostra de 16 voluntários em cada grupo.

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Humanos do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, processo HCRP 3926/2017, CAAE 66047717.2.0000.5440. As coletas tiveram início em maio de 2017 e foram encerrados em outubro de 2018, trinta e dois voluntários com diagnóstico de bronquiectasias foram convidados a participar da pesquisa, 2 não aceitaram participar do estudo. Foram convidados também 16 voluntários sem doença respiratória (controle).

Todos participantes foram devidamente informados sobre todas as etapas da pesquisa e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo I e II). As avaliações foram realizadas no Laboratório de Avaliação Respiratória (L.A.R), localizado no prédio do Departamento de Ciências da Saúde, 2º andar, no campus da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto.

3.1 Critérios de inclusão e exclusão

Foram convidados pacientes que estavam em acompanhamento no ambulatório de Pneumologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo HCFMRP-USP, de ambos os sexos, na faixa etária de 18 a 70 anos, com diagnóstico de bronquiectasias não decorrentes de fibrose cística, definido por história e exame clínico completo, confirmado por tomografia computadorizada de alta resolução (TCAR), com estabilidade clínica nas quatro semanas anteriores ao estudo, e foram excluídos aqueles com DPOC, asma, câncer de pulmão, histórico de cirurgia pulmonar, tabagistas ativos, com doenças cardiovasculares ou metabólicas descompensadas, neuromusculares ou musculoesqueléticas que impedissem a

realização do protocolo.

Também foram incluídos neste estudo voluntários saudáveis, dentro da mesma faixa etária, recrutados no Centro de Educação Física, Esportes e Recreação da Universidade de São Paulo – Ribeirão Preto e na comunidade, foram excluídos deste grupo os tabagistas ativos.

3.2 Delineamento do estudo

Foram coletados os dados pessoais e antropométricos (idade, peso, altura e índice de massa corpórea (IMC). O protocolo de avaliação foi composto pela ventilometria, oscilometria de impulso e espirometria onde os voluntários realizam estes testes em uma única avaliação.

3.3 Análise da função pulmonar

A função pulmonar foi avaliada com equipamento Jaeger IOS (Jaeger, Wurzburg, Germany), de acordo com as orientações da ATS/ERS e para os valores de normalidade, foi utilizado a equação de Pereira (2002). As variáveis analisadas pela espirometria foram:

- Capacidade vital forçada (CVF): representa o volume máximo de ar exalado com esforço máximo, a partir do ponto de máxima inspiração.
- Volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF_1): representa o volume de ar exalado num tempo especificado durante a manobra de CVF; relacionado à gravidade da obstrução.
- Relação (VEF_1/CVF): resultado da fração que representa o VEF_1 em relação à CVF; evidencia o padrão obstrutivo.
- Fluxo expiratório forçado médio na faixa intermediária da CVF ($FEF_{25-75\%}$): representa o fluxo expiratório forçado médio de um segmento obtido durante a manobra de CVF; isto é, entre 25 e 75% da curva de CVF.

3.4 Ventilometria

As medidas de frequência respiratória (FR), volume minuto (VM), volume corrente (VC), capacidade vital (CV) e volume de reserva expiratório (VRE) foram registradas utilizando um ventilômetro analógico FERRARIS *Wright*® MARK 8. As medidas foram realizadas com o voluntário sentado, com a cabeça na posição neutra, com os lábios firmemente selados a fim de evitar vazamento de ar, foram utilizados filtros com bocal circular (MicroGard Microbial Filter, CareFusion, Germany) acoplados ao ventilômetro afim de evitar a contaminação entre os voluntários e um clip nasal foi utilizado para evitar o escape de ar pelo nariz. Os voluntários foram orientados a não falar ou tossir durante o procedimento. Foi solicitado ao voluntário que respirasse ao VC por um minuto, para o registro do VM e da FR. Para o cálculo do VC foi utilizada a equação VM/FR . Para a mensuração da capacidade vital lenta (CVL), o voluntário foi orientado a realizar uma inspiração máxima e, em seguida, expirar lentamente por meio do ventilômetro, sem fazer esforço, até o volume residual. Para a mensuração do VRE o voluntário foi orientado a fazer uma expiração máxima a partir do VC. O resultado foi a média de três medidas tecnicamente aceitáveis em que não houvesse diferença de 10% entre elas. A escala volumétrica do ventilômetro foi zerada a cada aferição.

3.5 Oscilometria de impulso

Para avaliação da mecânica pulmonar em diferentes frequências respiratórias, foi utilizado o sistema de oscilometria de impulso (IOS) - (Jaeger, Wurzburg, Germany) - adquirido no processo FAPESP 2013/26433-0 - calibrado diariamente para volume com uma seringa de 3 litros e pressão com uma resistência de referência de 0.2 kPa/l/s.

As medidas foram realizadas com o voluntário sentado, utilizando clip nasal para evitar o vazamento de ar pelo nariz e com a cabeça na posição neutra. Para minimizar o efeito do mau posicionamento da língua, foi utilizado um bucal circular com uma peça *freeflow* acoplada, que contém um depressor de língua para estabilizá-la no solo da boca e diminuir a resistência oral (Dionísio et al., 2018). Os voluntários mantiveram os lábios selados a fim de evitar vazamentos

de ar e apoiaram as mãos firmemente sobre as bochechas para diminuir o efeito da oscilação (Oosterveen et al., 2003).

3.5.1 Condições experimentais no sistema de oscilometria de impulso

Os parâmetros analisados no IOS foram:

- Resistência respiratória a 5Hz (R_5 em kPa/L/s): corresponde à resistência total das vias aéreas (extratorácica + vias aéreas centrais e periféricas);
- Resistência respiratória a 20Hz (R_{20} em kPa/L/s): corresponde à resistência da região proximal (extratorácica + vias aéreas centrais);
- Diferença entre resistência a 5Hz e 20Hz (R_5-R_{20} , em kPa/L/s): corresponde à resistências das vias aéreas periféricas;
- Reatância a 5Hz (X_5 em KPa/L/s): permite caracterizar a zona periférica mais profunda do sistema respiratório;
- Área de reatância (A_x em kPa/L): reflete o grau de restrição ou obstrução das vias aéreas periféricas;
- Frequência de ressonância (F_{res} em Hz): ponto em que a linha da reatância cruza a linha zero, ponto em que a resistência elástica e a inercial se tornam iguais. O deslocamento deste ponto indica alterações de caráter obstrutivo.

Foi realizada uma simulação do aumento da demanda ventilatória com variação da frequência respiratória, com e sem a hiperinsuflação voluntária. As medidas foram efetuadas no IOS com o voluntário respirando ao volume corrente e frequência respiratória basal (F_b), e, em seguida, em ordem aleatória nas seguintes condições:

- **F30**: Voluntário respirando ao volume normal com frequência respiratória de 30 respirações por minuto;
- **F40**: Voluntário respirando ao volume normal com frequência respiratória de 40 respirações por minuto;
- **Hb**: Voluntário respirando em hiperinsuflação voluntária com frequência basal;

- **H30**: Voluntário respirando em hiperinsuflação voluntária em 30 respirações por minuto;
- **H40**: Voluntário respirando em hiperinsuflação voluntária em 40 respirações por minuto.

Os testes foram realizados até obter três medidas tecnicamente aceitáveis para o cálculo da média, cada teste teve duração 30 segundos.

Para o controle da frequência respiratória de 30, 40 e Hb, os voluntários foram orientados a acompanhar o som emitido pelo aplicativo: Metrônomo n-Track (versão 1.2.1. © n-Track Software - Flavio Antonioli) e também pelo comando verbal de um único avaliador. Para simular a hiperinsuflação, os participantes foram orientados a inspirar a 50% da (CI) como ilustrado na **Figura 2**. Entre os testes, houve um período de descanso de no mínimo 2 minutos, ou até que o voluntário retornasse ao valor inicial relatado na escala modificada de Borg (1978) (CR10).

Figura 2. Imagem obtida a partir do sistema de oscilometria ilustrando a medição no CRF basal e seguindo a hiperinsuflação voluntária direcionada para alcançar um volume pulmonar expiratório final similar ao CRF previsto. Imagem adaptada de OPPENHEIMER et al., 2014. CI capacidade inspiratória.

3.6 Análise estatística

Para análise dos dados foram utilizados os softwares R Core Team (Vienna, Austria, 2016) e o SAS Statistical Software (version 9.3; SAS Institute, Inc. Cary, NC). Foi utilizado um modelo linear com efeitos mistos para a análise das variáveis e intervalos de confiança de 95%. Os dados estão descritos em média e desvio padrão. Os valores basais foram comparados com os valores obtidos nas condições experimentais. Os valores foram considerados significantes quando $p < 0,05$.

Para elaboração dos gráficos foi utilizado o software Graphpad Prism 6.0 (Graphpad Software, San Diego, Califórnia).

4 RESULTADOS

A amostra deste estudo foi composta por 46 indivíduos, 30 com diagnóstico de bronquiectasias (BQC) e 16 sem doença respiratória (Figura 1). A análise descritiva das variáveis antropométricas e sociodemográficas dos participantes do estudo estão apresentadas na **Tabela 1**.

Fluxograma

Figura 1. Fluxograma dos voluntários.

Tabela 1: Dados antropométricos dos 46 participantes selecionados.

Parâmetros	BQC n=30	Controle n=16	<i>p</i>
Idade (anos)	49,47±15,31	40,19±15,74	0,06
Sexo (H/M)	15/15	6/10	
Peso (Kg)	66,41±14,57	74,78±8,20	0,01
Altura (cm)	1,64±0,10	1,69±0,07	0,04
IMC (Kg/m ²)	24,65±4,29	26,24±2,70	0,13

Dados expressos em média e desvio padrão; BQC: Bronquiectasias; IMC= índice de massa corporal; H: homem; M: mulher

Para a caracterização da amostra, todos participantes envolvidos na pesquisa realizaram a espirometria, os indivíduos com bronquiectasias apresentaram valores reduzidos em todas as variáveis analisadas, CVF, VEF₁, VEF₁/CVF e FEF_{25-75%}, enquanto que os indivíduos do grupo controle apresentaram dados dentro dos parâmetros de normalidade. Os dados são apresentados na **Tabela 2**.

Tabela 2: Função pulmonar dos voluntários.

	BQC n=30	Controle n=16	p
CVF obtidos (L)	2,82±0,97	3,94±0,80	<0,0001
CVF % previsto	74,67±18,40	96,81±12,37	<0,0001
VEF₁ obtidos (L)	1,78±0,82	3,26±0,74	<0,0001
VEF₁ % previsto	57,92±21,65	96,88±11,71	<0,0001
VEF₁ / CVF obtidos (L)	0,62±0,15	0,82±0,07	<0,0001
VEF₁ / CVF % previsto	78,70±19,75	99,81±7,01	<0,0001
FEF_{25-75%} obtidos (L)	1,18±0,99	3,33±1,26	<0,0001
FEF_{25-75%} % previsto	35,80±24,64	92,88±18,70	<0,0001

Dados apresentados em média e desvio padrão. BQC: Bronquiectasias; CVF: capacidade vital forçada; VEF₁: volume expiratório forçado no 1º segundo; VEF₁ / CVF: relação volume expiratório forçado no 1º segundo sobre capacidade vital forçada; FEF_{25-75%} fluxo expiratório forçado médio.

Todos os participantes foram avaliados pela ventilometria para a mensuração dos volumes pulmonares. Os dados analisados foram: FR, VM, VC, CV, VRE e capacidade inspiratória (CI) os dados estão apresentados na **Tabela 3**.

Tabela 3: Dados da ventilometria dos voluntários.

Parâmetros	BQC n=30	Controle n=16	P
FR (irpm)	17±3 (10 - 26)	16±4 (10 - 21)	0,29
VM (L/min)	11,32±2,91 (6,75 - 20,53)	10,97±2,48 (6,41 - 15,10)	0,66
VC (mL/kg)	0,69±0,19 (0,35 - 1,28)	0,74±0,25 (0,37 - 1,16)	0,49
CV (mL/kg)	2,34±0,97 (0,68 - 4,90)	3,28±0,92 (2,30 - 5,43)	0,002
VRE (mL/kg)	1,16±0,78 (0,30 - 3,98)	1,61±0,53 (0,60 - 2,68)	0,02
CI (mL/kg)	1,19±0,76 (0,20 - 3,29)	1,67±0,73 (0,69 - 3,85)	0,04

Dados expressos em média e desvio padrão; Os valores entre parênteses representam o valores mínimos e máximos obtidos em cada parâmetro; BQC: Bronquiectasias; FR: Frequência respiratória; VM: Volume minuto; VC: Volume corrente; CV: Capacidade vital; VRE: Volume de reserva expiratório; CI: Capacidade inspiratória.

A **tabela 4** apresenta as comparações das variáveis do IOS em todas as situações experimentais nos voluntários com bronquiectasias e do grupo controle.

As comparações entre as diferentes condições experimentais e os grupos, estão apresentadas nas Figuras: **3 e 4** (R5), **5 e 6** (R20), **7 e 8** (R5-R20) **9 e 10** (X5), **11 e 12** (Fres) e **13 e 14** (Ax).

Tabela 4. Dados da oscilometria de impulso dos voluntários com bronquiectasias e dos voluntários sem doença pulmonar.

Parâmetros IOS	BQC (n=30)	Controle (n=16)	p
R5 (KPa/l/s)			
Fb	0,49±0,17	0,34±0,06	0,01
F30	0,64±0,24	0,38±0,10	0,0001
F40	0,71±0,30	0,41±0,10	0,0001
Hb	0,50±0,21	0,37±0,11	0,02
H30	0,54±0,21	0,34±0,06	0,0009
H40	0,65±0,32	0,38±0,10	0,0001
R20 (KPa/l/s)			
Fb	0,34±0,08	0,31±0,05	0,22
F30	0,34±0,08	0,31±0,06	0,13
F40	0,35±0,09	0,33±0,06	0,24
Hb	0,32±0,08	0,30±0,07	0,50
H30	0,31±0,08	0,28±0,06	0,22
H40	0,32±0,08	0,29±0,07	0,20
R5-R20 (KPa/l/s)			
Fb	0,15±0,12	0,03±0,03	0,007
F30	0,30±0,19	0,07±0,06	0,0001
F40	0,36±0,24	0,08±0,07	0,0001
Hb	0,18±0,15	0,06±0,06	0,007
H30	0,23±0,15	0,06±0,04	0,0001
H40	0,33±0,25	0,08±0,05	0,0001
X5 (KPa/l/s)			
Fb	-0,25±0,12	-0,12±0,04	0,0002
F30	-0,31±0,16	-0,10±0,04	0,0001
F40	-0,27±0,15	-0,09±0,04	0,0001
Hb	-0,29±0,11	-0,18±0,05	0,0008
H30	-0,28±0,14	-0,13±0,05	0,0001
H40	-0,26±0,14	-0,12±0,06	0,0001
Fres (Hz)			
Fb	23,16±6,50	13,45±3,43	0,0001
F30	28,99±7,92	15,29±4,89	0,0001
F40	28,22±9,13	16,17±4,91	0,0001
Hb	24,90±7,85	16,50±5,34	0,0002
H30	25,76±8,59	14,38±3,08	0,0001
H40	26,68±9,54	16,04±4,91	0,0001
Ax (KPa/l/s)			
Fb	2,18±1,67	0,42±0,24	0,002
F30	3,74±2,38	0,60±0,61	0,0001
F40	3,70±2,45	0,64±0,56	0,0001
Hb	2,55±1,88	0,92±0,71	0,004
H30	2,88±2,26	0,54±0,32	0,0001
H40	3,25±2,23	0,69±0,46	0,0001

Dados expressos em média e desvio padrão. BQC: Bronquiectasias; R5: Resistência a 5 Hz; R20: Resistência a 20 Hz; Resistência periférica (R5-R20); X5: Reatância a 5 Hz Fres: Frequência de ressonância; Ax: Área de reatância; Fb: Volume corrente frequência basal; F30: Volume corrente frequência de 30 respirações por minuto (rpm); F40 rpm: Volume corrente frequência de 40 rpm; Hb: Hiperinsuflado frequência basal; H30: Hiperinsuflado frequência de 30 rpm; H40: Hiperinsuflado frequência de 40 rpm.

Ao analisar a variável R5 (kPa/L/s) no grupo bronquiectasias, nas comparações entre as frequências houve diferença entre a Fb, com a F30 e F40 ($p=0,0001$, em ambas), e entre F30 com F40 ($p=0,02$); quando comparado o aumento de volume, foram encontradas diferenças entre Hb e H40 ($p=0,0001$), H30 com H40 ($p=0,0005$); nas comparações entre as situações de aumento de frequência e aumento de volume, foram encontradas diferenças entre Fb e H40 ($p=0,0001$), Hb com F30 e F40 ($p=0,0001$), e, entre H30 com F30 ($p=0,001$) e F40 ($p=0,0001$). Os dados estão apresentados na **Tabela 4 e Figura 3**.

Figura 3. Bronquiectasias; R5: Resistência a 5 Hz. Fb: Volume corrente frequência basal; F30: Volume corrente frequência de 30; F40: Volume corrente frequência de 40; Hb: Hiperinsuflado frequência basal; H30: Hiperinsuflado frequência de 30; H40: Hiperinsuflado frequência de 40. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; **** $p \leq 0,0001$.

Ao analisar a variável R5 (kPa/L/s) no grupo controle, não foram encontradas diferenças significantes **Tabela 4 e Figura 4**.

Figura 4. Controle; R5: Resistência a 5 Hz. Fb: Volume corrente frequência basal; F30: Volume corrente frequência de 30; F40: Volume corrente frequência de 40; Hb: Hiperinsuflado frequência basal; H30: Hiperinsuflado frequência de 30; H40: Hiperinsuflado frequência de 40. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; **** $p \leq 0,0001$.

Na análise de R20 (kPa/L/s) no grupo bronquiectasias, nas situações de aumento de volume e aumento de frequência, foram encontradas diferenças entre: Hb com F30 ($p=0,01$) e F40 ($p=0,0001$); H30 com Fb ($p=0,02$), F30 ($p=0,005$) e F40 ($p=0,0004$) e, entre H40 com F40 ($p=0,009$). Os dados estão apresentados na **Tabela 4** e **Figura 5**.

Figura 5. Bronquiectasias; R20: Resistência a 20 Hz. Fb: Volume corrente frequência basal; F30: Volume corrente frequência de 30; F40: Volume corrente frequência de 40; Hb: Hiperinsuflado frequência basal; H30: Hiperinsuflado frequência de 30; H40: Hiperinsuflado frequência de 40. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; **** $p \leq 0,0001$.

Ao analisar a variável R20 (kPa/L/s) no grupo controle, houve diferença na comparação de H30 com F40 ($p=0,007$), e diferença entre H40 com F40 ($p=0,04$) **Tabela 4 e Figura 6**.

Figura 6. Controle; R20: Resistência a 20 Hz. Fb: Volume corrente frequência basal; F30: Volume corrente frequência de 30; F40: Volume corrente frequência de 40; Hb: Hiperinsuflado frequência basal; H30: Hiperinsuflado frequência de 30; H40: Hiperinsuflado frequência de 40. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; **** $p \leq 0,0001$.

Semelhante a variável R5 (kPa/L/s) no grupo bronquiectasias, houve diferença para a variável R5-R20 (kPa/L/s). Nas comparações com Fb, houve diferença entre F30 e F40 ($p=0,0001$, em ambas); F30 com F40 ($p=0,0001$); quando comparado o aumento de volume, foram encontradas diferenças entre Hb e H40 ($p=0,0001$), H30 com H40 ($p=0,0001$); quando comparadas as situações de aumento de frequência e aumento de volume, foram encontradas diferenças entre Fb com H30 ($p=0,0008$) e H40 ($p=0,0001$), Hb com F30 e F40 ($p=0,0001$), e, entre H30 com F30 ($p=0,005$) e F40 ($p=0,0001$). Os dados estão apresentados na **Tabela 4 e Figura 7**.

Figura 7. Bronquiectasias; R5-R20: Resistência periférica. Fb: Volume corrente frequência basal; F30: Volume corrente frequência de 30; F40: Volume corrente frequência de 40; Hb: Hiperinsuflado frequência basal; H30: Hiperinsuflado frequência de 30; H40: Hiperinsuflado frequência de 40. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; **** $p \leq 0,0001$.

Ao analisar a variável R5-R20 (kPa/L/s) no grupo controle, não foram encontradas diferenças significantes **Tabela 4 e Figura 8.**

Figura 8. Controle; R5-R20: Resistência periférica. Fb: Volume corrente frequência basal; F30: Volume corrente frequência de 30; F40: Volume corrente frequência de 40; Hb: Hiperinsuflado frequência basal; H30: Hiperinsuflado frequência de 30; H40: Hiperinsuflado frequência de 40. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; **** $p \leq 0,0001$.

Para X5 (kPa/L/s) no grupo bronquiectasias, foram encontradas diferenças entre para as frequências: Fb e F30 ($p=0,0005$), F40 e F30 ($p=0,01$);

também foram encontradas diferenças com aumento de volume: H40 e Hb ($p=0,04$); e diferença nas condições de aumento de frequência e aumento de volume: Fb e Hb ($p=0,01$) e, entre H40 e F30 ($p=0,001$). Os dados estão apresentados na **Tabela 4 e Figura 9**.

Figura 9. Bronquiectasias; X5: reatância a 5 Hz. Fb: Volume corrente frequência basal; F30: Volume corrente frequência de 30; F40: Volume corrente frequência de 40; Hb: Hiperinsuflado frequência basal; H30: Hiperinsuflado frequência de 30; H40: Hiperinsuflado frequência de 40. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; **** $p \leq 0,0001$.

Para o grupo controle, na variável X5 (kPa/L/s), houve diferença com o aumento de volume H30 e Hb ($p=0,03$), diferença entre H40 e Hb ($p=0,01$); diferença entre aumento de frequência e aumento de volume, Fb e Hb ($p=0,02$), diferença entre F30 e Hb ($p=0,002$), e diferença entre F40 e Hb ($p=0,0004$). Os dados estão apresentados na **Tabela 4 e Figura 10**.

Figura 10. Controle; X5: reatância a 5 Hz. Fb: Volume corrente frequência basal; F30: Volume corrente frequência de 30; F40: Volume corrente frequência de 40; Hb: Hiperinsuflado frequência basal; H30: Hiperinsuflado frequência de 30; H40: Hiperinsuflado frequência de 40. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; **** $p \leq 0,0001$.

Para a variável Fres (Hz) no grupo com bronquiectasias, em comparação a Fb foram encontradas diferenças com F30 e F40 ($p=0,0001$); e diferença nas situações de aumento de frequência e aumento de volume: Fb com H30 ($p=0,02$) e H40 ($p=0,002$), Hb com F30 ($p=0,005$) e F40 ($p=0,004$), H30 com F30 ($p=0,005$) e F40 ($p=0,03$) e, entre H40 e F30 ($p=0,04$). Os dados estão apresentados na **Tabela 4 e Figura 11**.

Figura 11. Bronquiectasias; Fres: Frequência de ressonância. Fb: Volume corrente frequência basal; F30: Volume corrente frequência de 30; F40: Volume corrente frequência de 40; Hb: Hiperinsuflado frequência basal; H30: Hiperinsuflado frequência de 30; H40: Hiperinsuflado frequência de 40. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; **** $p \leq 0,0001$.

Ao analisar a variável Fres (Hz) no grupo controle, não foram encontradas diferenças significantes **Tabela 4 e Figura 12**.

Figura 12. Controle; Fres: Frequência de ressonância. Fb: Volume corrente frequência basal; F30: Volume corrente frequência de 30; F40: Volume corrente frequência de 40; Hb: Hiperinsuflado frequência basal; H30: Hiperinsuflado frequência de 30; H40: Hiperinsuflado frequência de 40. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; **** $p \leq 0,0001$.

Ao analisar Ax (kPa/L) no grupo com bronquiectasias, em comparação com a Fb, houve diferença com F30 e F40 ($p=0,0001$); quando comparado o aumento de volume foi encontrado diferença entre: Hb e H40 ($p=0,0008$); e quando analisado o aumento de frequência e o aumento de volume, foram encontradas diferenças entre: Fb com H30 ($p=0,001$) e H40 ($p=0,0001$), Hb com F30 e F40 ($p=0,0001$), H30 com F30 e F40 ($p=0,0001$) e, entre H40 e F40 ($p=0,01$). Os dados estão apresentados na **Tabela 4 e Figura 13**.

Figura 13. Bronquiectasias; Ax: Área de reatância. Fb: Volume corrente frequência basal; F30: Volume corrente frequência de 30; F40: Volume corrente frequência de 40; Hb: Hiperinsuflado frequência basal; H30: Hiperinsuflado frequência de 30; H40: Hiperinsuflado frequência de 40. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; **** $p \leq 0,0001$.

Na análise da variável Ax (kPa/L) no grupo controle, não foram evidenciadas diferenças significantes **Tabela 4 e Figura 14.**

Figura 14. Controle; Ax: Área de reatância. Fb: Volume corrente frequência basal; F30: Volume corrente frequência de 30; F40: Volume corrente frequência de 40; Hb: Hiperinsuflado frequência basal; H30: Hiperinsuflado frequência de 30; H40: Hiperinsuflado frequência de 40. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; **** $p \leq 0,0001$.

Quando comparado o grupo bronquiectasias e o grupo sem doença pulmonar pelo IOS, houve diferença em todas as condições respiratórias para as seguintes variáveis: R5 (kPa/L/s), Fb ($p=0,01$), F30 ($p=0,0001$), F40 ($p=0,0001$), Hb ($p=0,02$), H30 ($p=0,0009$) e H40 ($p=0,0001$); de forma semelhante a R5, ocorreu para R5-R20 (kPa/L/s), Fb ($p=0,007$), F30 ($p=0,0001$), F40 ($p=0,0001$), Hb ($p=0,007$), H30 ($p=0,0001$) e H40 ($p=0,0001$); para X5 (kPa/L/s) houve diferença nas situações: Fb ($p=0,0002$), F30 ($p=0,0001$), F40 ($p=0,0001$), Hb ($p=0,0008$), H30 ($p=0,0001$) e H40 ($p=0,0001$); para Fres (Hz) teve diferença para: Fb ($p=0,0001$), F30 ($p=0,0001$), F40 ($p=0,0001$), Hb ($p=0,0002$), H30 ($p=0,0001$) e H40 ($p=0,0001$); para Ax (kPa/L) também teve diferença em todas as situações: Fb ($p=0,002$), F30 ($p=0,0001$), F40 ($p=0,0001$), Hb ($p=0,004$), H30 ($p=0,0001$) e H40 ($p=0,0001$); para a variável R20 (kPa/L/s), não houve diferença. Os dados estão apresentados na **Tabela 4**.

5 DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou o aumento da demanda ventilatória em voluntários com bronquiectasias e saudáveis pelo sistema de oscilometria de impulso, em situações experimentais controladas, com alterações na frequência respiratória e no aumento do volume que permanece no pulmão depois expiração (hiperinsuflação). Este modelo de avaliação permitiu analisar o que acontece com a resistência das vias aéreas, simulando o que ocorre durante o exercício. Os resultados demonstraram que, o aumento da frequência respiratória aumenta a resistência total, central e periférica em indivíduos com bronquiectasias, e a resistência central nos sujeitos saudáveis. No entanto, quando induzida a hiperinsuflação voluntária, o aumento da resistência é atenuado, aproximando-se dos valores basais, em ambos os grupos.

O sistema de oscilometria de impulso, é conhecido por ser uma técnica não invasiva de fácil aplicação que pode medir simultaneamente e de maneira compartimentada a resistência das grandes e pequenas vias aéreas, fornecendo uma avaliação global do trato respiratório (PAREDÍ et al., 2010). Por ser uma ferramenta de fácil aplicação, este método de avaliação nos possibilitou avaliar os efeitos do aumento da demanda ventilatória sobre a resistência do sistema respiratório de voluntários com bronquiectasias e sem doença pulmonar. Os voluntários relataram que as condições experimentais foram bem toleradas e não geraram desconforto durante a execução.

Quando comparamos o grupo bronquiectasias com o grupo controle, nossos achados demonstraram que houve aumento da resistência do sistema respiratório em todas as situações experimentais para as variáveis: resistência total das vias aéreas, resistência das pequenas vias aéreas, frequência de ressonância e área de reatância. Para reatância respiratória, houve aumento da negatividade e para a resistência das vias aéreas centrais não houve diferença entre os grupos.

Dellaca e colaboradores (2004), avaliaram voluntários com DPOC pela técnica de oscilações forçadas (TOF) e descreveram em seu estudo que pacientes com DPOC podem apresentar valores mais negativos para reatância, este aumento pode estar associado a limitações do fluxo aéreo. Em nosso

estudo, os voluntários foram avaliados pelo IOS e também apresentaram maior negatividade para reatância. Diferente das outras variáveis analisadas, a reatância mostrou-se mais negativa principalmente quando foi realizada a manobra de hiperinsuflação voluntária.

Uma revisão sistemática realizada por BRASHIER e SALVI (2015), descreveram que indivíduos adultos saudáveis avaliados pela FOT e IOS, que a resistência do sistema respiratório é quase independente da frequência de oscilação, ou seja, a resistência é mais ou menos a mesma nas frequências entre 5 e 20 Hz. Neste estudo, quando comparados os dois grupos, os voluntários com bronquiectasias apresentaram valores aumentados em todas as variáveis analisadas quando comparado com os valores obtidos do grupo controle

Em outro estudo (GUAN, 2015), em que foram avaliados 100 indivíduos com bronquiectasias pelo sistema de oscilometria de impulso e comparados a indivíduos saudáveis, os resultados apresentaram valores elevados para frequência de ressonância, resistência total e central das vias aéreas, reatância e área de reatância nas comparações. Apesar disso, os resultados não foram estatisticamente significativos. Enquanto que em nosso estudo, quando comparado os valores basais de voluntários com bronquiectasias e voluntários sem doença pulmonar, nossos resultados demonstraram diferença estatística para a resistência total e periférica das vias aéreas, reatância, frequência de ressonância e área de reatância, sem diferença para a resistência central.

Em todas as condições respiratórias analisadas, observamos que indivíduos com bronquiectasias apresentaram valores elevados da resistência do sistema respiratório quando comparado com o grupo controle. Guan e colaboradores (2015), sugeriram que o aumento da resistência do sistema respiratório nos indivíduos com bronquiectasias pode ocorrer devido à obstrução das vias aéreas periféricas explicada pela fisiopatologia desta afecção respiratória.

Um estudo realizado por O'Donnell e colaboradores (1998), os autores relataram que em pacientes com DPOC o mecanismo de limitação do fluxo aéreo ocorre devido a combinação da redução do recolhimento elástico pulmonar e ao aumento da resistência das vias aéreas. Geralmente, indivíduos com DPOC e com bronquiectasias, quando avaliados pela espirometria, apresentam alterações funcionais semelhantes, apesar das alterações fisiopatológicas serem

bem distintas. Na DPOC, ocorre limitação ao fluxo expiratório devido o fechamento das pequenas vias aéreas. Diferente disso, nas bronquiectasias, os distúrbios das pequenas vias aéreas precedem os distúrbios das grandes vias aéreas, e as alterações estão relacionadas à inflamação ou remodelação das vias aéreas, o que leva ao aumento da resistência (VERBANCK et al., 2010; SHI et al., 2012; THOMPSON et al., 2013; SHI et al., 2013).

Em um estudo realizado por Nakagawa e colaboradores (2015), com o objetivo de verificar os efeitos da taquipneia sobre a resistência e reatância das vias aéreas em voluntários com DPOC e voluntários sem doença pulmonar, os autores observaram que na DPOC a resistência total do sistema respiratório, resistência periférica, frequência de ressonância e a reatância expiratória a 5 Hz (Xex5) aumentaram significativamente quando comparados aos valores basais. Por outro lado, os valores da reatância expiratória a 5 Hz no grupo sem doença pulmonar tornaram-se menos negativos com aumento da frequência respiratória a 20 e 40 respirações por minuto, o que foi significativamente correlacionado com a pontuação da *Medical Research Council* modificada, que avalia a dispneia. Os autores também demonstraram que, a inalação de broncodilatador reduziu significativamente o efeito do aumento da frequência respiratória nas zonas periféricas. As alterações obtidas nos parâmetros do IOS, particularmente a reatância expiratória, induzidas pelo aumento da frequência respiratória, foram correlacionadas com a gravidade da dispneia em pacientes com DPOC durante sua vida diária, e os autores inferiram que estes resultados podem ser úteis para avaliar a falta de ar em pacientes com DPOC, simulando as alterações do padrão respiratório que ocorrem durante o exercício.

De forma similar, neste estudo, quando aumentamos a frequência respiratória para 30 e 40 respirações por minuto no grupo bronquiectasias, nossos achados demonstraram o aumento de todas as variáveis analisadas pela oscilometria de impulso, o que pode ser um limitador ao exercício para estes indivíduos contribuindo com o comportamento sedentário. Uma outra variável, que também apresentou dados semelhantes com o estudo de Nakagawa (2015) - que avaliou voluntários com DPOC - foi a reatância, que apresentou valores mais negativos, esta variável está associada a limitação do fluxo expiratório.

Bradley e colaboradores (2015), avaliaram o comportamento sedentário e o nível de atividade física em pacientes com bronquiectasias, e destacaram que

estes indivíduos apresentam um perfil mais sedentário em comparação com as diretrizes recomendadas para atividade física.

Outro resultado relevante deste estudo, foi o efeito do aumento do volume inspirado de maneira voluntária, que permitiu que os valores de resistência se aproximassem dos valores basais, exercendo um efeito protetor sobre a resistência das vias aéreas, embora a literatura demonstre que o mecanismo de hiperinsuflação dinâmica como um potencial limitador para a prática de atividade física, tanto na DPOC como na asma (O'DONNELL; WEBB, 1992; WEINER et al., 2000; LAGHI; TOBIN, 2003).

Um estudo realizado por O'Donnell (2006), em que foram avaliados os efeitos da hiperinsuflação e da dispneia em pacientes com DPOC, os autores relataram que nestes indivíduos a hiperinsuflação dinâmica está associada ao mecanismo de limitação ao fluxo expiratório relacionado a desvantagem dos músculos inspiratórios com restrição da expansão normal do volume corrente durante o exercício.

A hiperinsuflação pulmonar é um importante limitador na DPOC, e estratégias têm sido utilizadas para minimizar este efeito. Uma delas, bastante difundida na literatura, é a respiração com freio labial. Essa manobra mantém a pressão positiva sobre as vias aéreas, favorecendo a diminuição da velocidade do fluxo expiratório, promovendo a diminuição do efeito de Bernoulli, evitando a possibilidade de colapso (SCHMIDT; WASSERMAN; LILLINGTON, 1964; THOMAN; STOKER; ROSS, 1965). Sobre a mecânica ventilatória, a manobra de respiração com freio labial promove alterações sobre o recrutamento dos músculos respiratórios, aumento do desempenho dos músculos expiratórios, caixa torácica e acessórios da inspiração e menor atuação do diafragma, prevenindo a fadiga muscular respiratória precoce (BRESLIN, 1992; SPAHIJA, 1996; ROSSI, 2012).

Um estudo realizado por Cabral e colaboradores (2015), os autores avaliaram os efeitos do freio labial em voluntários com DPOC no teste de *endurance* e no teste incremental, após o uso de broncodilatador, e, relataram que o uso do frenolabial durante o exercício de alta intensidade diminuiu a hiperinsuflação dinâmica, aumentou a SpO₂ e a tolerância ao exercício em pacientes com DPOC com pico de fluxo expiratório reduzido. Os autores descreveram, que de acordo com os resultados obtidos em seus achados, essas

informações podem apoiar a recomendação do uso do freno labial durante o condicionamento físico em programas de reabilitação pulmonar, bem como em atividades físicas cotidianas.

Por outro lado, Araujo e colaboradores (2015) avaliaram o efeito do frenolabial na hiperinsuflação dinâmica induzida no exercício e nas AVDs em pacientes com DPOC, sem uso de broncodilatador, os autores inferiram que a respiração com freno labial diminui a hiperinsuflação dinâmica no teste TGlitter, mas não no teste de caminhada de 6 minutos em pacientes estáveis com DPOC de moderada a muito grave.

O'Donnell e colaboradores (2001), que avaliaram a hiperinsuflação dinâmica e a capacidade de exercício em voluntários com DPOC, os autores descreveram que o mecanismo de hiperinsuflação dinâmica ocorre pelo aumento progressivo da capacidade residual funcional e redução da capacidade inspiratória, levando ao aprisionamento de ar comprometendo o desempenho durante o exercício. Essa alteração na mecânica pulmonar de indivíduos com DPOC está associada à obstrução dos brônquios que propicia retenção gradual de ar nos pulmões. Mais especificamente, os autores relatam que o volume pulmonar expiratório final é, portanto, uma variável dinâmica contínua que difere com a extensão da limitação do fluxo expiratório, o grau de anormalidades da constante de tempo e o padrão respiratório (O'DONNELL; LAVENEZIANA, 2007).

Indivíduos com asma também apresentam um importante mecanismo de limitação provocado pela hiperinsuflação. Embora diferente da DPOC, a hiperinsuflação na asma pode ser transitória. Geralmente, indivíduos com estas afecções respiratórias apresentam aumento da capacidade pulmonar total, diminuição do fluxo expiratório e retificação da cúpula diafragmática que por consequência exerce uma desvantagem mecânica sobre o diafragma, aumento do trabalho da musculatura inspiratória que se torna encurtada levando a uma desvantagem na geração de força e tensão. A hiperinsuflação altera o raio da curvatura e posição do diafragma, alterando o início do ciclo inspiratório que irá promover uma carga adicional a ser vencida e aumento do trabalho respiratório (WEINER et al., 1989; MARCELINO et al., 2012)

Geralmente, a hiperinsuflação dinâmica está associada a prejuízos da musculatura respiratória causando limitações (O'DONNELL et al., 2001). No

entanto, para a resistência das vias aéreas em indivíduos com bronquiectasias o mecanismo de hiperinsuflação voluntária promoveu um efeito protetor. Possivelmente, este mecanismo tenha ocorrido porque o volume pulmonar exerce um efeito importante sobre a resistência das vias aéreas. Tal como os vasos sanguíneos extra-alveolares, os brônquios são sustentados pela tração radial do tecido pulmonar circundante, e seus calibres aumentam à medida que o pulmão se expande. Conforme o volume pulmonar sofre redução, a resistência das vias aéreas cresce com rapidez. Em volumes pulmonares muito baixos, as vias aéreas de menor calibre podem se fechar totalmente, em especial na base pulmonar, onde o pulmão se expande menos. Muitas vezes, os indivíduos que apresentam maior resistência das vias aéreas respiram altos volumes pulmonares, o que ajuda a reduzir a resistência das vias aéreas (WEST, 2008).

Um estudo, realizado com voluntários obesos e com distúrbio respiratório restritivo, pesquisadores avaliaram a mecânica do sistema respiratório e encontraram elevada resistência nas vias aéreas centrais ao repouso, contudo, a condutância específica foi normal. A disfunção pulmonar na obesidade foi associada a uma redução da capacidade residual funcional com estreitamento das vias respiratórias e disfunção respiratória distal. Os autores observaram valores elevados para a resistência total, central, periférica e reatância reduzida. Na tentativa de reduzir esse padrão restritivo, foi realizada a avaliação pelo IOS durante uma manobra de hiperinsuflação voluntária. Os autores relataram a normalização dos valores para a resistência periférica associados à insuflação voluntária (OPPENHEIMER et al., 2014). Em nosso estudo, avaliamos voluntários com bronquiectasias e quando realizamos a manobra de hiperinsuflação voluntária, observamos atenuação dos valores de resistência das vias aéreas total, central, periférica, frequência de ressonância e área de reatância.

A literatura descreve que em indivíduos saudáveis, a resistência das vias aéreas diminui com o aumento do volume pulmonar, pois as vias aéreas são mais distendidas por uma maior pressão de recolhimento elástico em volumes pulmonares mais elevados, uma vez que maiores volumes pulmonares as vias aéreas ficam tracionadas e conseqüentemente com um maior diâmetro. (BRISCOE; DUBOIS, 1958; DUBOIS; CARO; ALCALA, 1960). Simultaneamente, nossos achados demonstraram que o mecanismo de

hiperinsuflação voluntária favoreceu a redução dos valores da resistência do sistema respiratório tanto dos voluntários com bronquiectasias para as variáveis de resistência total, central e periférica, como também, no grupo controle onde observamos redução para a resistência central.

Nossos resultados demonstraram que, voluntários com bronquiectasias apresentaram maiores valores para resistência total, e periférica das vias aéreas. Para a resistência central, não foi observada diferença entre os dois grupos, ambos apresentaram valores aumentados para este parâmetro com o aumento da frequência, e quando solicitada a hiperinsuflação voluntária, os valores diminuíram. Evidenciando que, o aumento da frequência também foi prejudicial para a resistência central em indivíduos sem doença pulmonar e a hiperinsuflação foi capaz de reduzir os valores de resistência mesmo em indivíduos sem nenhuma afecção respiratória.

O grupo bronquiectasias apresentou maiores valores para as variáveis, frequência de ressonância e área de reatância, com o aumento da frequência respiratória. Em relação a estas variáveis, não foram encontradas diferenças no grupo controle. A reatância apresentou um comportamento semelhante em ambos os grupos, maior negatividade com a manobra de hiperinsuflação.

Uma ferramenta utilizada em nosso estudo, que nos possibilitou simular uma situação controlada, com o aumento da frequência, foi a utilização do metrônomo. Nakagawa e colaboradores (2015), também utilizaram este recurso para promover uma situação controlada da frequência respiratória. O metrônomo é uma ferramenta simples de ser usada e de baixo custo que possibilitou criar uma situação controlada da frequência respiratória e aumento do volume. Em outro estudo realizado por WEIGT et al., (2008), que avaliou a hiperinsuflação em pacientes com DPOC também utilizando o metrônomo, os autores relataram que é uma alternativa simples para induzir a hiperinsuflação dinâmica.

É importante o uso de estratégias que possam melhorar a tolerância ao exercício em pacientes com bronquiectasias. O principal achado deste estudo, foi o efeito benéfico da hiperinsuflação voluntária sobre a resistência do sistema respiratório destes indivíduos. É necessário investigar se o mesmo ocorre em uma situação real de exercício, para orientar um padrão respiratório que contribua com a tolerância ao exercício nestes indivíduos.

Uma limitação do nosso estudo é que, realizamos uma simulação do exercício e não avaliamos os voluntários durante o exercício, portanto, não é possível nenhuma inferência sobre a capacidade de exercício.

6 CONCLUSÃO

Neste estudo, os indivíduos com bronquiectasias apresentaram maiores valores de resistência das vias aéreas quando comparados com indivíduos sem doença pulmonar.

Nossos resultados demonstraram que o aumento da frequência respiratória aumenta a resistência total, central e periférica em indivíduos com bronquiectasias, com aumento da resistência central nos sujeitos saudáveis. Quando induzida a hiperinsuflação voluntária, esta exerceu um efeito protetor sobre a resistência, aproximando-se dos valores basais, em ambos os grupos.

7 REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. G. DE et al. Resistência e reatância do sistema respiratório por oscilometria de impulso em indivíduos obesos. **Journal Brasileiro de Pneumologia**, v. 41, n. 5, p. 422–426, 2015.

ALISON, J. A et al. End-expiratory lung volume during arm and leg exercise in normal subjects and patients with cystic fibrosis. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 158, p. 1450–1458, 1998.

BARKER AF. Bronchiectasis. Review, **New England Journal of Medicine**, May 2; 346 (18): p. 1383-93, 2002.

BARRETO, S. S. M. Volumes pulmonares **Journal Brasileiro de Pneumologia**, 28(Supl 3), p. 83-94, 2002.

BOGOSSIAN, M. et al. Bronquiectasias : estudo de 314 casos tuberculose x não-tuberculose. **Journal Brasileiro de Pneumologia**, v. 24, n. 1, p. 11–16, 1998.

BRADLEY, J. M. et al. Sedentary behaviour and physical activity in bronchiectasis: a cross-sectional study. **BMC pulmonary medicine**, v. 15, p. 61, 2015.

BRASHIER, B.; SALVI, S. M. Measuring lung function using sound waves: Role of the forced oscillation technique and impulse oscillometry system. **Breathe**, v. 11, n. 1, p. 57–65, 2015.

BRESLIN, E. H. The Pattern of Respiratory Muscle Recruitment during Pursed-Lip Breathing. **Chest**, v. 101, n. 1, p. 75–78, 1992.

BRISCOE, W. A., & Dubois, A. B. The relationship between airway resistance, airway conductance and lung volume in subjects of different age and body size. **The Journal of clinical investigation**, 37(9), p. 1279-1285, 1958.

BUTLER J, CARO CG, ALCALA R, DUBOIS AB. Physiological factors affecting airway resistance in normal subjects and in patients with obstructive respiratory disease. **The Journal of clinical investigation**, Apr; 39: p. 584-91, 1960.

BUTLER, J., Caro, C. G., Alcala, R., & DuBois, A. B. Physiological factors affecting airway resistance in normal subjects and in patients with obstructive respiratory disease. **The Journal of clinical investigation**, 39(4), p. 584-591, 1960.

CABRAL, L. F., et al. Pursed lip breathing improves exercise tolerance in COPD: a randomized crossover study. **European Journal of Physical Rehabilitation Medicine**, 51(1), p. 79-88, 2015.

CHARUSUSIN, N. et al. Inspiratory muscle training improves breathing pattern during exercise in COPD patients. **European Respiratory Journal**, v. 47, n. 4, p. 1261–1264, 2016.

DE ARAUJO, C. L. P. et al. Pursed-lips breathing reduces dynamic hyperinflation induced by activities of daily living test in patients with chronic obstructive pulmonary disease: A randomized cross-over study. **Journal of rehabilitation medicine**, v. 47, n. 10, p. 957-962, 2015.

DELLACA, R. L. et al. Detection of expiratory flow limitation in COPD using the forced oscillation technique. **European Respiratory Journal**, v. 23, n. 2, p. 232-240, 2004.

DIONÍSIO, G. H. et al. The Influence of Different Mouthpieces on Impulse Oscillometry Results. **Respiratory care**, v. 63, n. 5, p. 565-572, 2018.

DUBOIS AB, BOTELHO SY, COMROE JH JR. A new method for measuring airway resistance in man using a body plethysmograph: values in normal subjects and in patients with respiratory disease. **Journal of Clinical Investigation**. 35(3): p. 327-35, 1956.

FAHY, J. V. et al. Mucus hypersecretion in bronchiectasis: the role of neutrophil proteases. **American Review of Respiratory Disease**, v. 146, n. 6, p. 1430-1433, 1992.

GASTALDI, A. C. et al. Oscillating positive expiratory pressure on respiratory resistance in chronic obstructive pulmonary disease with a small amount of secretion: a randomized clinical trial. **Medicine**, v. 94, n. 42, 2015.

GOEMINNE, P., & DUPONT, L. Non-cystic fibrosis bronchiectasis: diagnosis and management in 21st century. **Postgraduate Medical Journal**, 86(1018), p. 493-501, 2010.

GUAN, W. J. et al. Impulse oscillometry in adults with bronchiectasis. **Annals of the American Thoracic Society**, v. 12, n. 5, p. 657–665, 2015.

HAYA AS, DOMINIC AF. Non-cysticfibrosisbronchiectasis. **Journal of Paediatrics and Child Health**, p. 382–88, 2012.

HESTER, K. L. M. et al. Evaluation of a novel information resource for patients with bronchiectasis: study protocol for a randomised controlled trial. **Trials**, v. 17, n. 1, p. 210, 2016.

JACQUES, P. S. et al. Distância percorrida no teste de caminhada de seis minutos não se relaciona com qualidade de vida em pacientes com bronquiectasias não fibrocísticas. **Jornal brasileiro de pneumologia**. v. 38, n. 3, p. 346–355, 2012.

KAMINSKY, D. A. What Does Airway Resistance Tell Us About Lung Function? **Respiratory Care**, v. 57, n. 1, p. 85–99, 2012.

KING, P. T. et al. Outcome in adult bronchiectasis. **Copd**, v. 2, n. 1, p. 27–34, 2005.

KORTIANOU, E. A. et al. Limitation in tidal volume expansion partially determines the intensity of physical activity in COPD. **Journal of Applied Physiology**, v. 118, n. 1, p. 107–114, 2015.

LAGHI, F.; TOBIN, M. J. Disorders of the respiratory muscles. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 168, n. 1, p. 10–48, 2003.

LIMA, E. V. N. C. L. et al. Treinamento muscular inspiratório e exercícios respiratórios em crianças asmáticas. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 34, n. 8, p. 552-558, 2008.

LOPES, R. B.; BRITO, R. R.; PARREIRA, V. F. Padrão Respiratório durante o exercício-revisão literária. **Revista brasileira de ciência e movimento**, v. 13, n. 2, p. 153-160, 2008.

MACKLEM, P. T. Therapeutic implications of the pathophysiology of COPD. **European Respiratory Journal**, v. 35, n. 3, p. 676–680, 2010.

MANDAL, P. et al. A pilot study of pulmonary rehabilitation and chest physiotherapy versus chest physiotherapy alone in bronchiectasis. **Respiratory medicine**, v. 106, n. 12, p. 1647-1654, 2012.

MARCELINO, A. M. F. C. et al. Respiratory muscle strength in asthmatic children. **International archives of otorhinolaryngology**, 16(4), p. 492-496, 2012.

MATSUO, H. et al. Effect of menstrual cycle and gender on ventilatory and heart rate responses at the onset of exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 90, n. 1–2, p. 100–108, 2003.

MICHAELSON, E. D., GRASSMAN, E. D., & PETERS, W. R. Pulmonary mechanics by spectral analysis of forced random noise. **The Journal of clinical investigation**, 56(5), 1210-1230, 1975.

NAKAGAWA, M. et al. Effect of increasing respiratory rate on airway resistance and reactance in COPD patients. **Respirology**, v. 20, n. 1, p. 87–94, 2015.

NICOTRA MB, RIVERA M, DALE AM, SHEPHERD R, CARTER R. Clinical, pathophysiologic, and microbiologic characterization of bronchiectasis in an aging cohort. **Chest**.108 (4): p. 955-61, 1995.

O'DONNELL, D. E. Hyperinflation, Dyspnea, and Exercise Intolerance in Chronic Obstructive Pulmonary Disease. **Proceedings of the American Thoracic Society**, v. 3, n. 2, p. 180–184, 2006.

O'DONNELL, D. E.; REVILL, S. M.; WEBB, K. A. Dynamic hyperinflation and exercise intolerance in chronic obstructive pulmonary disease. **American journal of respiratory and critical care medicine**, v. 164, p. 770–777, 2001.

O'DONNELL, D. E.; WEBB, K. A. Breathlessness in patients with severe chronic airflow limitation; Physiologic correlations. **Chest**, v. 102, n. 3, p. 824–831, 1992.

O'DONNELL, D. E.; WEBB, K. A. Exertional breathlessness in patients with chronic airflow limitation. The role of lung hyperinflation. **The American review of respiratory disease**, v. 148, n. 5, p. 1351–7, 1993.

O'DONNELL AE, BARKER AF, ILOWITE JS, FICK RB. Treatment of idiopathic bronchiectasis with aerosolized recombinant human DNase I. rhDNase Study Group. **Chest**. May; 113(5):p. 1329-34, 1988.

O'DONNELL, D. E., & LAVENEZIANA, P. Dyspnea and activity limitation in COPD: mechanical factors. **COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease**, 4(3), p. 225-236, 2007.

OOSTVEEN E, Macleod D, Lorino H, et al. The forced oscillation technique in clinical practice: methodology, recommendations and future developments. **European Respiratory Journal**; 22(6): p. 1026-41, 2003.

OPPENHEIMER, B. W. et al. Airway Dysfunction in Obesity: Response to Voluntary Restoration of End Expiratory Lung Volume. **PLoS ONE**, v. 9, n. 2, p. e88015, 4 fev. 2014.

PAREDI, P. et al. Comparison of inspiratory and expiratory resistance and reactance in patients with asthma and chronic obstructive pulmonary disease. **Thorax**, v. 65, p. 263–267, 2010.

PASTEUR, M. C. et al. British Thoracic Society guideline for non-CF bronchiectasis. 2010.

PERPATI, G. et al. Resting respiratory variables and exercise capacity in adult patients with cystic fibrosis. **Respiratory Medicine**, v. 104, n. 10, p. 1444–1449, 2010.

RADEMACHER, J. et al. Lung transplantation for non-cystic fibrosis bronchiectasis. **Respiratory Medicine**, v. 115, p. 60–65, 2016.

ROSSI, R. C. et al. A respiracão frenolabial na doença pulmonar obstrutiva crônica: revisão da literatura. **Fisioterapia e Pesquisa**, 19(3), p. 282-289, 2012.

SCHMIDT RW, WASSERMAN K, LILLINGTON GA. The effect of air flow and oral pressure on the mechanics of breathing in patients with asthma and emphysema. **American Review of Respiratory Disease**. Oct; 90: p. 564-71, 1964.

SHI Y, ALEDIA AS, GALANT SP, GEORGE SC. Peripheral airway impairment measured by impulse oscillometry predicts loss of asthma control in children. **The Journal of Allergy and Clinical Immunology**; 131(3): p. 718-723, 2013.

SHI Y, ALEDIA AS, TATAVOOSIAN AV, VIJAYALAKSHMI S, GALANT SP, GEORGE SC. Relating small airways to asthma control by using impulse oscillometry in children. **The Journal of Allergy and Clinical Immunology**; 129(3): p. 671-678, 2012.

SMITH, H. J.; REINHOLD, P.; GOLDMAN, M. D. Chapter 5. Forced oscillation technique and impulse oscillometry. **European Respiratory Monograph**, p. 72–105, 2005.

SOMFAY, A. et al. Effect of hyperoxia on gas exchange and lactate kinetics following exercise onset in nonhypoxemic COPD patients. **Chest**, v. 121, n. 2, p. 393–400, 2002.

SPAHIJA JA, GRASSINO A. Effects of pursed-lips breathing and expiratory resistive loading in healthy subjects. **Journal of Applied Physiology** 80(5): p. 1772-84, 1996.

SWAMINATHAN, S. et al. Reduced exercise capacity in non-cystic fibrosis bronchiectasis. **Indian journal of pediatrics**, v. 70, n. 7, p. 553–556, 2003.

THOMAN, R. L., STOKER, G. L., & ROSS, J. C. The efficacy of pursed-lips breathing in patients with chronic obstructive pulmonary disease. **American Review of Respiratory Disease**, 93(1), p. 100-106, 1966.

THOMPSON, Bruce R. et al. Peripheral lung function in patients with stable and unstable asthma. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, v. 131, n. 5, p. 1322-1328, 2013.

VERBANCK S, SCHUERMANS D, VINCKEN W. Inflammation and airway function in the lung periphery of patients with stable asthma. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**.125(3): p. 611-616, 2010.

WEIGT, S. S. et al. Time course and degree of hyperinflation with metronome-paced tachypnea in COPD patients. **COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease**, v. 5, n. 5, p. 298–304, 2008.

WEINER, P. et al. Specific inspiratory muscle training in patients with mild asthma with high consumption of inhaled β_2 -agonists. **Chest**, v. 117, n. 3, p. 722–727, 2000.

WEINER, P., SUO, J., FERNANDEZ, E., & CHERNIACK, R. M. The effect of hyperinflation on respiratory muscle strength and efficiency in healthy subjects and patients with asthma. **American Review of Respiratory Disease**, 141(6), p. 1501-1505, 1990.

8 ANEXO

**FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO UNIVERSIDADE DE
SÃO PAULO - FMRP-USP
DEPARTAMENTO DE BIOMECÂNICA, MEDICINA E REABILITAÇÃO DO
APARELHO LOCOMOTOR**

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – Saudáveis

Consentimento formal de participação no projeto de pesquisa intitulado: “Efeitos da taquipneia e hiperinsuflação dinâmica sobre resistência do sistema respiratório em pacientes com bronquiectasias”.

Pesquisadores Responsáveis: Profa. Dra. Ada Clarice Gastaldi
Aluno: Ricardo Grassi Moroli

Convidamos o senhor(a) _____,
idade: _____, portador(a) do RG _____,
residente à Rua: _____, nº _____,
Bairro: _____, Cidade _____
Estado: _____, para participar voluntariamente da pesquisa conduzida pelo aluno responsável e a respectiva orientadora.

O Comitê de Ética em Pesquisa responsável por este estudo está situado no Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto e possui a função de defender os interesses dos participantes da pesquisa dentro dos padrões éticos, de acordo com a Legislação Brasileira (Resolução CNS nº 466 de 2012). Caso necessário, o telefone para contato é (16) 3602-2280, com horário de funcionamento das 8 às 17 horas.

Objetivo do Estudo:

Avaliar os efeitos do acúmulo de ar dentro dos pulmões e do aumento da quantidade de respirações por minuto em pacientes com bronquiectasias e comparar com voluntários saudáveis, simulando o que acontece durante o exercício físico e seus efeitos sobre os pulmões.

Justificativa do Estudo:

Pessoas com diagnóstico de bronquiectasias, doença respiratória que causa episódios de tosse, secreção e falta de ar, têm dificuldade em praticar exercícios físicos devido aos danos causados nos pulmões. Sabe-se que a mudança da quantidade de vezes que se respira por minuto em outras doenças estudadas é benéfico, nas bronquiectasias esse efeito ainda é desconhecido. Por isso nós pretendemos avaliar voluntários saudáveis e também com bronquiectasias e comparar os resultados.

Esclarecimento sobre Procedimentos:

Ao concordar participar desta pesquisa o senhor (a) irá comparecer ao prédio da fisioterapia no 2º andar, no laboratório de avaliação respiratória. Inicialmente serão feitos

testes de soprar um aparelho que irá avaliar a quantidade de ar que entra e sai dos pulmões. Em seguida o senhor (a) realizará testes em outro aparelho chamado: oscilometria de impulso, que irá avaliar seus pulmões. O senhor (a) irá sentar com as costas e a cabeça apoiada na cadeira, será colocado um clip no nariz para que a respiração seja realizada apenas pelo bucal, e irá respirar por um bucal descartável, serão realizados seis testes. O senhor (a) será orientado a aumentar a quantidade de respirações, acompanhando o som emitido por um aparelho chamado metrônomo.

Durante o decorrer dos testes, será estabelecido um intervalo de descanso de 2 minutos entre um teste e outro. Caso venha sentir tonturas, nos iremos aumentar o tempo de descanso, até que o senhor (a) se recupere para garantir sua total segurança e integridade.

Este estudo irá acontecer em uma única visita ao Laboratório de Avaliação Respiratória no prédio da Fisioterapia e Terapia Ocupacional, e irá durar aproximadamente uma hora e trinta minutos.

INFORMAÇÕES:

- ☐ Durante este estudo o senhor (a) poderá sentir desconforto respiratório, manifestado como falta de ar ou cansaço, que podem aparecer durante os testes. Estes efeitos poderão ser minimizados aumentando o período de descanso entre os testes ou intervalo durante o treinamento. Durante os testes de alteração da frequência respiratória é possível que ocorra desconforto respiratório, se isto ocasionar risco à saúde, os testes serão interrompidos e todas as medidas necessárias para normalizar a sua respiração serão adotadas.
- ☐ Não existe nenhum tipo de seguro de saúde ou de vida ou qualquer outro benefício financeiro em função da participação neste estudo;
- ☐ Durante a pesquisa o senhor (a) será acompanhado por um médico clínico especializado e terá disponível tratamento médico por parte desta instituição, em caso de dano pessoal, diretamente causado pelos procedimentos realizados nessa pesquisa;
- ☐ A participação neste estudo é voluntária. Está no seu direito de interrompê-la a qualquer momento, sem acarretar em penalidades ou prejuízos no seu tratamento de rotina;
- ☐ O senhor (a) será acompanhado pelos pesquisadores responsáveis e poderá entrar, a qualquer momento, em contato com a professora Ada Clarice Gastaldi através dos telefones (16) 3602.0473 e (16) 3602.0087.
- ☐ Fica também garantida indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, segundo as leis vigentes no país.
- ☐ O senhor terá a garantia de receber um via deste termo de consentimento devidamente assinada e rubricada nas duas folhas, pelos pesquisadores e pelo senhor(a).
- ☐ Terá a garantia de receber qualquer informação necessária, a qualquer tempo do estudo;
- ☐ Se houver necessidade, o presente projeto poderá lhe oferecer vale transporte e vale refeição nos dias em que vier apenas para atividades relacionadas a esta pesquisa;
- ☐ Terá a garantia de receber qualquer informação necessária, a qualquer tempo do estudo, assim como será informado dos resultados das suas avaliações;
- ☐ Os dados obtidos nesta pesquisa são confidenciais. As informações poderão ser utilizadas para fins estatísticos ou científicos e sua identidade será mantida em sigilo.

Agradecemos sua participação.

Estou ciente e concordo com os termos acima.

Ribeirão Preto, _____ de _____ de _____.

Assinatura do voluntário: _____

Profa. Dra. Ada Clarice Gastaldi Gastaldi
Pesquisadora Responsável
Contato: (16) 3315-0473

Ricardo Grassi Moroli
Aluno Responsável
Contato: (16) 3315-0087

**FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO UNIVERSIDADE DE
SÃO PAULO - FMRP-USP**
**DEPARTAMENTO DE BIOMECÂNICA, MEDICINA E REABILITAÇÃO DO
APARELHO LOCOMOTOR**

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - Bronquiectasias

Consentimento formal de participação no projeto de pesquisa intitulado: “Efeitos da taquipneia e hiperinsuflação dinâmica sobre resistência do sistema respiratório em pacientes com bronquiectasias”.

Pesquisadores Responsáveis: Profa. Dra. Ada Clarice Gastaldi
Aluno: Ricardo Grassi Moroli

Convidamos o senhor(a) _____,
idade: _____, portador(a) do RG _____,
residente à Rua: _____, nº _____,
Bairro: _____, Cidade _____
Estado: _____, para participar voluntariamente da pesquisa conduzida pelo aluno responsável e a respectiva orientadora.

O Comitê de Ética em Pesquisa responsável por este estudo está situado no Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto e possui a função de defender os interesses dos participantes da pesquisa dentro dos padrões éticos, de acordo com a Legislação Brasileira (Resolução CNS nº 466 de 2012). Caso necessário, o telefone para contato é (16) 3602-2228, com horário de funcionamento das 8 às 17 horas.

Objetivo do Estudo:

Avaliar os efeitos do acúmulo de ar dentro dos pulmões e do aumento da quantidade de vezes em que o senhor (a) respira por minuto, simulando o que acontece durante o exercício físico e seus efeitos sobre os pulmões.

Justificativa do Estudo:

As pessoas com diagnóstico de bronquiectasias apresentem episódios de tosse, secreção e falta de ar, o que dificulta a prática de exercícios físicos devido aos danos causados nos pulmões. Sabe-se que a mudança da quantidade de vezes que se respira por minuto em outras doenças estudadas é benéfico, nas bronquiectasias é desconhecido. Por isso nós pretendemos estudar se o aumento da quantidade de vezes que o senhor (a) respira por minuto, pode melhorar sua respiração durante o exercício, e diminuir as queixas de falta de ar e aumentar a tolerância ao exercício.

Esclarecimento sobre Procedimentos:

Ao concordar participar desta pesquisa o senhor (a) irá comparecer ao prédio da fisioterapia no 2º andar, no laboratório de avaliação respiratória. Inicialmente serão feitos

testes de soprar um aparelho que irá avaliar a quantidade de ar que entra e sai dos pulmões. Em seguida o senhor (a) realizará testes em outro aparelho chamado: oscilometria de impulso, que irá avaliar seus pulmões. O senhor (a) irá sentar com as costas e a cabeça apoiada na cadeira, será colocado um clip no nariz para que a respiração seja realizada apenas pelo bucal, e irá respirar por um bucal descartável, serão realizados seis testes. O senhor (a) será orientado a aumentar a quantidade de respirações, acompanhando o som emitido por um aparelho chamado metrônomo.

Durante o decorrer dos testes, será estabelecido um intervalo de descanso de 2 minutos entre um teste e outro. Caso venha sentir tonturas, nós iremos aumentar o tempo de descanso, até que o senhor (a) se recupere para garantir sua total segurança e integridade.

Este estudo irá acontecer em uma única visita ao Laboratório de Avaliação Respiratória no prédio da Fisioterapia e Terapia Ocupacional, e irá durar aproximadamente uma hora e trinta minutos.

INFORMAÇÕES:

☐ Durante este estudo o senhor (a) poderá sentir desconforto respiratório, manifestado como falta de ar ou cansaço, que podem aparecer durante os testes. Estes efeitos poderão ser minimizados aumentando o período de descanso entre os testes ou intervalo durante o treinamento. Durante os testes de alteração da frequência respiratória é possível que ocorra desconforto respiratório, se isto ocasionar risco à saúde, os testes serão interrompidos e todas as medidas necessárias para normalizar a sua respiração serão adotadas.

☐ Ao concordar com sua participação no estudo, o senhor (a) automaticamente autoriza a retirada de informações relevantes para a pesquisa contidas no seu prontuário médico.

☐ Não existe nenhum tipo de seguro de saúde ou de vida ou qualquer outro benefício financeiro em função da participação neste estudo;

☐ Durante a pesquisa o senhor (a) será acompanhado por um médico clínico especializado e terá disponível tratamento médico por parte desta instituição, em caso de dano pessoal, diretamente causado pelos procedimentos realizados nessa pesquisa;

☐ A participação neste estudo é voluntária. Está no seu direito de interrompê-la a qualquer momento, sem acarretar em penalidades ou prejuízos no seu tratamento de rotina;

☐ O senhor(a) será acompanhado pelos pesquisadores responsáveis e poderá entrar, a qualquer momento, em contato com a professora Ada Clarice Gastaldi através dos telefones 3602.0473 e 3602.0087.

☐ Fica também garantida indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, segundo as leis vigentes no país.

☐ O senhor terá a garantia de receber um via deste termo de consentimento devidamente assinada e rubricada nas duas folhas, pelos pesquisadores e pelo senhor(a).

☐ Terá a garantia de receber qualquer informação necessária, a qualquer tempo do estudo;

☐ Se houver necessidade, o presente projeto poderá lhe oferecer vale transporte e vale refeição nos dias em que vier apenas para atividades relacionadas a esta pesquisa;

- ☐ Terá a garantia de receber qualquer informação necessária, a qualquer tempo do estudo, assim como será informado dos resultados das suas avaliações;
- ☐ Os dados obtidos nesta pesquisa são confidenciais. As informações poderão ser utilizadas para fins estatísticos ou científicos e sua identidade será mantida em sigilo.

Agradecemos sua participação.

Estou ciente e concordo com os termos acima.

Ribeirão Preto, _____ de _____ de _____.

Assinatura do voluntário: _____

Profa. Dra. Ada Clarice Gastaldi Gastaldi
Pesquisadora Responsável
Contato: (16) 3315-0473

Ricardo Grassi Moroli
Aluno Responsável
Contato: (16) 3315-0087