



Universidade Federal de São Carlos
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-graduação em Fisioterapia

CAROLINA MORAES DA COSTA MUNNO

**TESTE CLÍNICO DE RESISTÊNCIA MUSCULAR INSPIRATÓRIA E EQUAÇÃO
PREDITIVA PARA INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS**

“Clinical test of inspiratory muscle endurance and predictive equation for healthy individuals”

SÃO CARLOS

2020



Universidade Federal de São Carlos
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-graduação em Fisioterapia

CAROLINA MORAES DA COSTA MUNNO

**TESTE CLÍNICO DE RESISTÊNCIA MUSCULAR INSPIRATÓRIA E EQUAÇÃO
PREDITIVA PARA INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS**

“Clinical test of inspiratory muscle endurance and predictive equation for healthy individuals”

Estudo I: Confiabilidade do teste de resistência muscular inspiratório usando o *powerbreathe*[®] em sujeitos saudáveis.

“Reliability of inspiratory muscle endurance testing using powerbreathe[®] in healthy subjects”

Estudo II: Teste clínico de resistência muscular inspiratória: equação e valores de referência para indivíduos saudáveis.

“Clinical test of inspiratory muscle endurance: equation and references values for healthy subjects”

SÃO CARLOS

2020



Universidade Federal de São Carlos
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-graduação em Fisioterapia

CAROLINA MORAES DA COSTA MUNNO

**TESTE CLÍNICO DE RESISTÊNCIA MUSCULAR INSPIRATÓRIA E EQUAÇÃO
PREDITIVA PARA INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS**

“Clinical test of inspiratory muscle endurance and predictive equation for healthy individuals”

Orientador: Prof. Dr. Maurício Jamami

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), para fins de defesa, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Fisioterapia. Área de concentração: Fisioterapia e Desempenho Funcional.

SÃO CARLOS

2020

Munno, Carolina Moraes da Costa

Teste clínico de resistência muscular inspiratória e equação preditiva para indivíduos saudáveis / Carolina Moraes da Costa Munno. -- 2020.

115 f. : 30 cm.

Tese (doutorado)-Universidade Federal de São Carlos, campus São Carlos, São Carlos

Orientador: Maurício Jamami

Banca examinadora: Prof. Dr. Maurício Jamami, Prof. Dr. Vinícius Minatel, Prof^ª Dr^ª Bruna Varanda Pessoa, Prof^ª Dr^ª Paula Regina Mendes da Silva Serrão, Prof^ª Dr^ª Renata Pedrolongo Basso Vanelli

Bibliografia

1. Teste clínico para avaliação da resistência muscular inspiratória. 2. Confiabilidade do teste de resistência muscular inspiratória em indivíduos saudáveis. 3. Equação preditiva da resistência muscular inspiratória. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Bibliotecário(a) Responsável: Ronildo Santos Prado – CRB/8 7325



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia

Folha de Aprovação

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Tese de Doutorado da candidata Carolina Moraes da Costa Munno, realizada em 18/02/2020:

Prof. Dr. Maurício Jamami
UFSCar

Profa. Dra. Bruna Varanda Pessoa
USC

Prof. Dr. Vinicius Minatel
UNIT

Profa. Dra. Renata Pedrolongo Basso Vanelli
UFSCar

Profa. Dra. Paula Regina Mendes da Silva Serrão
UFSCar

Epígrafe

A vida é uma peça de teatro que não permite ensaios. Por isso, cante, chore, dance, ria e viva intensamente, antes que a cortina se feche e a peça termine sem aplausos.

(Charlie Chaplin)

Dedicatória

À Deus, pelo amor infinito, pelo dom da vida e pela sabedoria concedida para alcançar meus sonhos.

Ao meu filho Alexandre, a razão do meu viver, pelo amor, carinho, experiências ímpar e por me permitir sentir e desempenhar o papel de mãe, este o mais imprevisível e gratificante da minha vida.

Ao meu marido Ricardo, amor da minha vida, meu melhor amigo e confidente, pelo amor, respeito, incentivo, paciência e compreensão durante toda a nossa jornada como casal.

Aos meus amados pais: Lázaro e Eliana, por tudo que fizeram por mim e ainda fazem. Vocês são tudo para mim, meu porto seguro, meu exemplo de vida, amor, respeito, fé, perseverança, coragem e cumplicidade.

Aos meus sogros, Wilson e Sandra, por todo carinho e apoio de todos os dias, pela paciência, ensinamentos, compreensão e incentivo.

Aos meus irmãos e minha cunhada, Thiago “*in memoriam*”, Felipe e Ayla, estruturas da minha vida, meus amigos, meus companheiros.

A minha afilhada Letícia, lindinha da dindinha, a qual eu me esforço todos os dias para ser exemplo. Seu carinho e sua doçura me renovam a cada dia.

Aos meus familiares, que mesmo longe, sempre me apoiaram e ajudaram para chegar aonde cheguei.

Ao meu orientador Prof. Dr. Maurício Jamami pelo apoio, confiança e ensinamentos durante toda essa jornada.

Aos meus amigos, que sempre estão ao meu lado para o que der e vier.

A todos os voluntários, pela paciência, confiança e dedicação dada a este projeto.

Agradecimientos

Agradeço primeiramente à Deus, por mais um sonho realizado, por me conceder o dom da vida, me permitir acordar todos os dias e lutar pelos meus sonhos, por me dar sabedoria, saúde, paciência e coragem para trilhar meus caminhos, por me guiar e me amparar em momentos difíceis. Entender o que o Senhor quer para mim, nem sempre é fácil, mas creio que o Senhor está no comando de tudo e que tem planos para minha vida, isso torna a minha caminhada mais alegre e tranquila.

Ao meu orientador Prof. Dr. Maurício Jamami, a quem tenho admiração e respeito, por ter acreditado em mim, me acolhido, me ensinado, e permitido ir em frente com este projeto. Obrigada por contribuir para o meu crescimento profissional e pessoal e ter possibilitado a realização de mais um sonho.

A professora Dra. Valéria Amorim Pires Di Lorenzo, a quem tenho grande admiração. Por todo seu carinho, atenção, encorajamento, amizade e ensinamentos que me proporcionaram um amadurecimento pessoal e profissional.

Aos professores da banca examinadora: Prof. Dr. Vinícius Minatel, Prof^a. Dr^a Marlene Aparecida Moreno, Prof^a Dr^a Paula Regina Mendes da Silva Serrão, Prof^a Dr^a Renata Pedrolongo Basso Vanelli, Prof^a Dr^a Bruna Varanda Pessoa, Prof^a Dr^a Eloísa Maria Gatti Regueiro e Prof^a Dr^a Renata Gonçalves Mendes, pelo aceite em participar da banca e pelas valiosas críticas e sugestões, visando o enriquecimento do estudo.

Ao Prof Dr. Márcio Luis Lanfredi Viola e a Prof^a Dr^a Estela Maris Pereira Bereta pela parceria, dedicação, paciência e disponibilidade na análise dos dados do projeto. Foram muitas idas e vindas, mas no final o resultado ficou maravilhoso.

À Prof^a Dr^a Laura Maria Tomazi Neves e Prof^a Dr^a Liégina Silveira Marinho pela amizade, companheirismo, ensinamentos, disposição, incentivo, acolhimento e pelos empréstimos de seus laboratórios, os quais permitiram que este estudo alcançasse tamanha proporção.

As instituições e alunos da Universidade Federal do Pará (UFPA) e Faculdade de Tecnologia Intensiva (FATECI), por permitir que esta parceria acontecesse, pelo acolhimento, gentileza e confiança em nosso estudo.

Ao corpo docente, secretários e todo o Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), pelo carinho, gentileza, ajuda e disponibilidade. Pessoas estas que direta ou indiretamente ajudaram para a finalização deste projeto.

À CAPES pelo apoio financeiro.

À todos os voluntários, pela disponibilidade, confiança, dedicação, carinho e ensinamentos mútuos. Sem vocês, nada disso, seria possível!

À Prof^ª Dr^ª Eli Maria Pazzianotto Forti, a quem respeito e admiro muito. Pela amizade, ensinamentos, apoio e todas as puxadas de orelha quando precisei. Pessoa essa que sempre me motivou nesta jornada acadêmica e pessoal. Obrigada de coração!

A todos os amigos que fiz no Laboratório. Marina, Júlia, Juliano, Daniela, Ivana, Ivanize, Anna Claudia, Luana, Leonardo, Bruna, Marcela, Fernanda, Daiane, Nathália, Carina e Maria Cecília, meus amigos de profissão e pessoal, por todo o apoio, pelos conselhos nos momentos mais difíceis, pelo amor e por toda a ajuda na realização deste estudo.

À “Família Perón”, meus amigos que mesmo de longe, sempre me apoiaram e torceram pelas minhas conquistas. Como sempre falo a eles: vocês são a família que eu escolhi!

Aos meus amigos pessoais, pelos momentos maravilhosos juntos, pelo apoio, carinho, amizade, incentivo e por torcerem sempre por mim.

Aos meus amigos e amigas do vôlei e do tênis, pelo carinho, apoio e pelos momentos de desestresse.

Aos meus vizinhos, que sempre que precisei me ampararam e apoiaram.

A Luzia (vovó preta) e toda sua família, por todo o apoio nos momentos mais difíceis, pelo carinho e por tratarem meu filho, meu marido e a mim como um membro da família.

A família do meu marido, por me acolher tão bem, pelo carinho, amor e apoio sempre. Em especial aos meus sogros, Wilson e Sandra, pela figura de família no meu dia-a-dia, pelo

amor, paciência, ajuda com meu filho e conselhos. Vocês são maravilhosos! Obrigada por tudo!

À minha família, por todo o amor, carinho, ensinamentos, correções e pelo incentivo na realização de meus sonhos! Em especial a minha tia Elcione, tia Enicéia, tio Alex, tia Fátima e tio Mariano, estes meus segundos pais! Tenho sorte por ter vocês em minha vida, pessoas sábias, inteligentes, carinhosas, amorosas e duras quando preciso. Vocês são o alicerce da minha vida!

À todos os meus primos e primas. Pelo carinho e apoio sempre! Em especial a Beatriz e Márcia, seres iluminados que me aturam e me ajudam sempre.

Aos meus avôs e avós, Lázaro *“in memoriam”*, Círia *“in memoriam”*, Eldonor *“in memoriam”*, Terezinha *“in memoriam”*, minha bisavó Marieta (vovó velha) *“in memoriam”* e meu *“avôdrasto”* Benjamin (Seu Quarenta) *“in memoriam”*, por todo amor e lembranças maravilhosas. Sei que onde estiverem estão torcendo por mim e comemorando, com muitos pulos de alegria, a realização de mais este sonho. Vovó Círia sua neta não é burra, só estou buscando me qualificar e proporcionar um futuro melhor para toda a minha família! Amo vocês infinitamente!

Aos meus irmãos e cunhada, Thiago *“in memoriam”*, Felipe e Ayla, meus amorzinhos. Muito obrigada pelo carinho, ensinamentos, apoio, incentivo e torcida. Minha vida é muito mais completa com vocês. Felipe, meu irmão e companheiro de vida sempre estaremos juntos para o que der e vier!

Aos meus pais, Lázaro e Eliana, pela concepção da vida, pelo amor infinito, pelo carinho, pelo apoio, pelos ensinamentos, por se privarem de muitas coisas para me dar o melhor sempre, pelo apoio emocional, físico e financeiro quando precisei. Sei que a distância não é fácil, mas sinto vocês sempre perto de mim. Vocês são tudo para mim, meu chão, meu céu o ar que respiro. Amo muito muito muito muito muito vocês! Espero que sintam orgulho de mim, pois tudo que faço é tentar retribuir tudo que fizeram por mim. Sou infinitamente grata!

Ao meu marido, Ricardo, amor da minha vida, meu benzinho, meu melhor amigo e confidente, meu companheiro de todas as horas, meu consolador e meu guerreiro. Por

compreender o estresse e ausência de alguns momentos, pelos momentos maravilhosos juntos, por sempre me ajudar nos momentos mais difíceis, por muitas vezes abrir mão dos próprios interesses para atender os meus, pelo incentivo, apoio, carinho, amor, por ser um excelente pai e por me proporcionar a sensação mais maravilhosa do mundo, ser mãe! Te amo muito gostoso!

Ao meu filho, Alexandre, meu nenenzinho lindo. Por me permitir conhecer o amor incondicional entre mãe e filho, pelos momentos únicos e maravilhosos, pelo amor, pelos ensinamentos, pelos abraços e beijos carinhosos. Obrigada pela sua existência meu serzinho iluminado! Espero que você tenha sempre orgulho de sua mãe. Te amo gostosinho!

Resumo

RESUMO

A avaliação do desempenho muscular respiratório pode ser realizada por meio da força muscular respiratória e resistência muscular respiratória (RMR). Apesar da importância clínica da avaliação da RMR, das variedades de testes e equipamentos citados na literatura, ainda encontram-se lacunas em relação a equações preditivas e valores de referência para indivíduos brasileiros saudáveis. Em relação à RMR não foram encontrados estudos sobre valores de referência e de equações preditivas para mesma população. Justificando assim, a realização dos estudos desta tese. O **Estudo I** foi realizado com o objetivo de verificar a confiabilidade do teste de resistência muscular inspiratória (RMI) em indivíduos saudáveis. Tratou-se de um estudo no desenho teste-reteste, que incluiu 100 indivíduos saudáveis, de 20 a 80 anos de ambos os gêneros, os quais foram submetidos à avaliação da RMI, por meio de um teste incremental, utilizando o equipamento “*threshold loading*” Powerbreathe[®] K3 (Gaiam Ltd; Southam, Warwickshire, UK). A maior carga sustentada por pelo menos 15 respirações foi considerada o valor de pressão inspiratória máxima sustentada (PImáxS). Constatou-se uma excelente confiabilidade, da variável PImáxS, tanto para a análise intra-avaliador (mulheres=0,978/ homens=0,982) como para a análise interavaliadores (CCI – mulheres=0,913/ homens=0,993), além de apresentar um erro padrão de medida baixo para ambos os gêneros. Na análise de Bland-Altman, o erro médio na análise intra-avaliador foi 2,31 e 0,05 cmH₂O, na análise interavaliadores de -0,03 e 0,05 cmH₂O para o gênero feminino e masculino, respectivamente. Concluiu-se que o teste incremental de RMI foi reprodutível para indivíduos adultos e idosos saudáveis de ambos os gêneros e foi constatada a necessidade de apenas um teste para avaliar a PImáxS. Esses achados auxiliaram na elaboração do **Estudo II** que teve como objetivos propor teste clínico para avaliação da RMI, verificar a influência da força muscular respiratória, idade, estatura, massa corporal e índice de massa corporal (IMC) na RMI e promover equação preditiva para a RMI de indivíduos saudáveis. Para este fim, foi realizado um estudo observacional e multicêntrico, que incluíram 204 saudáveis de 20 a 80 anos de idade, os quais foram submetidos à avaliação da força muscular respiratória, por meio das medidas de pressão inspiratória máxima (PImáx) e a avaliação da RMI, por meio do teste incremental, utilizando-se de um equipamento “*threshold loading*”, ajustado eletronicamente. Após as avaliações os voluntários foram agrupados por gênero, onde cada grupo foi subdividido em seis subgrupos de acordo com a faixa etária. O teste de RMI foi bem aceito e tolerado pelos voluntários. Após as análises pode-se constatar que houve correlação positiva entre a PImáxS e a PImáx (r=0,646; p<0,001), estatura (r=0,302; p<0,001) e massa corporal (r=0,279; p=0,001) e correlação negativa entre a PImáxS e a idade (r= -0,240; p=0,003). Observou-se após a regressão linear múltipla com *Stepwise*, um grau de associação entre a PImáxS, idade e gênero (r²=0,2613; p<0,001), gerando o modelo ajustado: $PImáxS = e^{4,2357 + (0,3324 \times \text{gênero}) - (0,008 \times \text{idade})}$, sendo gênero feminino=0 e masculino=1. Concluiu-se que houve um aumento da RMI paralelamente ao aumento da força inspiratória, estatura e massa corporal e a RMI reduziu com o avançar da idade. A utilização do equipamento de carga externa resistiva a fluxo com válvula eletrônica, para a avaliação da RMI de indivíduos saudáveis, mostrou-se ser de fácil aplicabilidade na prática clínica. Além disso, a utilização da equação preditiva pode colaborar para um melhor entendimento da PImáxS e proporcionar uma melhor interpretação sobre os valores de RMI em indivíduos saudáveis.

Palavras-chave: Músculos Respiratórios, Avaliação, Valores de Referência, Fisioterapia.

Abstract

ABSTRACT

The assessment of muscle respiratory performance can be performed through respiratory muscle strength and respiratory muscle endurance (RME). Despite the clinical importance of evaluating RME, the variety of tests and equipment cited in the literature, it is still possible to find gaps in relation to predictive equations and reference values for Brazilian users. Regarding RME, there were no studies on reference values and predictive equations for the same population. Justifying, thus, a realization of the studies of this thesis. **Study I** was performed with the aim of verifying the reliability of the inspiratory muscle endurance (IME) test in healthy individuals. It was a study in the test-retest design, which included 100 healthy individuals, aged 20 to 80 years, of both genders, who were submitted to IME assessment, through an incremental test, using the equipment threshold loading Powerbreathe® K3 (Gaiam Ltd; Southam, Warwickshire, UK). The highest load sustained for at least 15 breaths was considered the sustained maximum inspiratory pressure (SMIP) value. An excellent reliability was found for the SMIP variable, both for the intra-rater analysis (women=0.978/men=0.982) and for the inter-rater analysis (ICC - women=0.913/men=0.993), in addition to presenting a standard error low measurement for both genders. In the Bland-Altman analysis, the average error in the intra-rater analysis was 2.31 and 0.05 cmH₂O, in the inter-rater analysis of -0.03 and 0.05 cmH₂O for females and males, respectively. It was concluded that the incremental IME test was reproducible for healthy adults and elderly individuals of both genders and there was a need for only one test to assess SMIP. These findings helped in the elaboration of **Study II** aimed to propose a clinical test to assess IME, to verify the influence of respiratory muscle strength, age, height, body mass and body mass index (BMI) on IME and to promote a predictive equation for IME of healthy individuals. To this end, an observational and multicenter study was performed, which included 204 healthy individuals aged 20 to 80 years, who were submitted to the assessment of respiratory muscle strength, through the measures of maximum inspiratory pressure (MIP) and the assessment of IME, through the incremental test, using a threshold loading device, electronically adjusted. After the evaluations, the volunteers were grouped by gender, where each group was subdivided into six subgroups according to the age group. The RMI test was well accepted and tolerated by the volunteers. After the analysis, it can be seen that there was a positive correlation between SMIP and MIP ($r=0.646$; $p<0.001$), height ($r=0.302$; $p<0.001$) and body mass ($r=0.279$; $p=0.001$) and negative correlation between SMIP and age ($r= -0.240$; $p=0.003$). It was observed after the multiple linear regression with Stepwise, a degree of association between SMIP, age and gender ($r^2=0.2613$; $p<0.001$), generating the adjusted model: $SMIP=e^{4.2357 + (0.3324 \times \text{gender}) - (0.008 \times \text{age})}$, with female = 0 and male = 1. It was concluded that there was an increase in the IME in parallel to the increase in inspiratory strength, height and body mass and the IME decreased with advancing age. The use of external flow resistant equipment with electronic valve, for the evaluation of the IME of healthy individuals, proved to be easily applicable in clinical practice. In addition, the use of the predictive equation can contribute to a better understanding of SMIP and provide a better interpretation of the IME values in healthy individuals.

Key words: Respiratory Muscles, Evaluation, Reference Values, Physical Therapy Speciality.

Lista de figuras

LISTA DE FIGURAS

MATERIAL E MÉTODOS

Figura 1: Fluxograma do estudo.....	42
Figura 2: Avaliação antropométrica.....	43
Figura 2A: Balança mecânica da marca Welmy.....	43
Figura 2B: Mensuração da massa corporal da voluntária.....	43
Figura 2C: Mensuração da estatura da voluntária.....	43
Figura 3: Espirômetro portátil modelo EasyOne™ e clipe nasal.....	43
Figura 4: Voluntária realizando a avaliação de volumes e capacidades pulmonares.....	44
Figura 5: Manovacuômetro analógico, extensão, adaptador de bocais, bocal e clipe nasal....	44
Figura 6: Voluntária realizando as manobras da avaliação da força muscular respiratória....	45
Figura 7: Equipamento Powerbreathe® K3 e o clipe nasal.....	46
Figura 8: Protocolo de realização do teste de resistência dos músculos respiratórios.....	46
Figura 9: Voluntário realizando a avaliação da resistência dos músculos respiratórios.....	47
Figura 9A: Posicionamento do voluntário durante o teste.....	47
Figura 9B: Voluntário apontando a sensação de dispneia e percepção de esforço.....	47

ESTUDO I:

Figura 1: Protocolo de realização do teste de resistência dos músculos respiratórios.....	56
Figura 2: Análise gráfica de Bland-Altman do teste de resistência muscular respiratória (intra-avaliador).....	60
Figura 2A: P _{ImáxS} do gênero feminino do grupo 1.....	60
Figura 2B: P _{ImáxS} do gênero masculino do grupo 1.....	60
Figura 2C: Número de ciclos respiratórios do gênero feminino do grupo 1.....	60
Figura 2D: Número de ciclos respiratórios do gênero masculino do grupo 1.....	60
Figura 3: Análise gráfica de Bland-Altman do teste de resistência muscular respiratória (interavaliadores).....	61
Figura 3A: P _{ImáxS} do gênero feminino do grupo 2.....	61
Figura 3B: P _{ImáxS} do gênero masculino do grupo 2.....	61
Figura 3C: Número de ciclos respiratórios do gênero feminino do grupo 2.....	61
Figura 3D: Número de ciclos respiratórios do gênero masculino do grupo 2.....	61

ESTUDO II

Figura 1: Protocolo de realização do teste de resistência dos músculos inspiratórios.....73

Figura 2: Concordância entre os valores médios da PImáxS (medidos e previstos) da amostra, por faixa etária, utilizando o gráfico de Bland & Altman.....78

Lista de tabelas

LISTA DE TABELAS

ESTUDO I

Tabela I. Características da amostra.....	58
Tabela II. Coeficiente de correlação intraclassa (CCI) entre os valores de endurance medidos em cmH ₂ O e entre o número de ciclos respiratórios no teste e reteste.....	59
Tabela III. Valores do erro padrão de medida (EPM) e diferença mínima detectável (DMD) das variáveis PImáxS e NCR.....	59

ESTUDO II

Tabela 1: Características antropométricas dos sujeitos segundo subgrupos etários.....	75
Tabela 2: Pressão respiratória máxima, pressão inspiratória máxima sustentada e número de ciclos respiratórios obtidos para cada subgrupo.....	76
Tabela 3: Valores de correlação entre a PImáxS e as variáveis PImáx, estatura, massa corporal, IMC e NCR para cada subgrupo.....	76
Tabela 4: Dados da regressão linear múltipla para prever o valor da pressão inspiratória máxima sustentada (PImáxS) em indivíduos de 20 a 80 anos.....	77

Lista de abreviaturas e siglas

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATS	<i>American Thoracic Society</i>
BMI	<i>Body mass index</i>
CCI	Coeficiente de correlação intraclassa
CNS	Conselho Nacional de Saúde
cmH₂O	Centímetro de água
CO₂	Dióxido de carbono
CVF	Capacidade vital forçada
DMD	Diferença mínima detectável
DP	Desvio padrão
DPOC	Doença pulmonar obstrutiva crônica
EPE	Erro padrão da estimativa
EPM	Erro padrão de medida
ERS	<i>European Respiratory Society</i>
FATECI	Faculdade de Tecnologia Intensiva
FC	Frequência cardíaca
FMI	Força muscular inspiratória
FMR	Força muscular respiratória
IC95%	Intervalo de confiança de 95 por cento
IMC	Índice de massa corporal
IME	<i>Inspiratory muscle endurance</i>
IMT	<i>Inspiratory muscle training</i>

IPAQ	Questionário Internacional de Atividade Física
Kg	Quilograma
Kg/m²	Quilograma por metro quadrado
L	Litros
m	Metros
m²	Metro quadrado
Min	Minutos
MIP	<i>Maximum inspiratory pressure</i>
mm	Milímetros
NCR	Números de ciclos respiratórios
PI_{máx}	Pressão inspiratória máxima
PE_{máx}	Pressão expiratória máxima
PI_{máxS}	Pressão inspiratória máxima sustentada
%	Porcentagem
%pred	Porcentagem do predito
RME	<i>Respiratory muscle endurance</i>
RMI	Resistência muscular inspiratória
RMR	Resistência muscular respiratória
SAS	<i>Statistical Analysis System</i>
SEM	<i>Standard error of the measurement</i>
SMIP	<i>Sustained maximum inspiratory pressure</i>
SpO₂	Saturação periférica de oxigênio

SPSS	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i>
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
Tlim	Tempo limite
UFSCar	Universidade Federal de São Carlos
UFPA	Universidade Federal do Pará
VEF₁	Volume expiratório forçado no primeiro segundo
VR	Volume residual

Sumário

SUMÁRIO

1. CONTEXTUALIZAÇÃO	31
1.1. Anatomia, histologia e fisiologia dos músculos inspiratórios	32
1.2. Avaliação da musculatura respiratória.....	33
1.3. Relação da musculatura respiratória e o processo do envelhecimento	36
2. OBJETIVOS.....	37
3. MATERIAL E MÉTODOS	39
3.1 Desenho do estudo	40
3.2 Aspectos éticos	40
3.3 Sujeitos.....	40
3.3.1 Critérios de inclusão	40
3.3.2 Critérios de não inclusão	40
3.4 Local de Realização	41
3.5 Protocolo Experimental	41
3.6 Avaliações.....	42
3.6.1 Exame físico (história progressa).....	42
3.6.2 Avaliação antropométrica.....	43
3.6.3 Avaliação dos volumes e capacidades pulmonares.....	43
3.6.4 Avaliação da força muscular respiratória.....	44
3.6.5 Avaliação da resistência dos músculos respiratórios.....	45
4. RESULTADOS	48
5. ESTUDO I.....	50
RESUMO.....	51
ABSTRACT.....	52
INTRODUÇÃO.....	53
METODOLOGIA.....	54
Procedimento experimental.....	55
Avaliação da força muscular respiratória.....	55
Avaliação da resistência muscular respiratória.....	55
Análise estatística.....	57
RESULTADOS.....	57
DISCUSSÃO.....	61
Limitações.....	63
CONCLUSÃO.....	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
6. ESTUDO II	67
RESUMO.....	68
ABSTRACT.....	69
INTRODUÇÃO.....	70
METODOLOGIA.....	71
Procedimento experimental.....	72
Avaliação dos volumes e capacidades pulmonares.....	72
Avaliação da força muscular inspiratória.....	72
Avaliação da resistência dos músculos inspiratórios.....	73

Análise estatística.....	74
RESULTADOS.....	75
DISCUSSÃO.....	78
Limitações.....	81
CONCLUSÃO.....	81
REFERÊNCIAS.....	82
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESDOBRAMENTOS FUTUROS	85
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88
APÊNDICES.....	91
ANEXOS.....	103

1. CONTEXTUALIZAÇÃO

1.1. Anatomia, histologia e fisiologia dos músculos inspiratórios

O diafragma é considerado o músculo motor primário do processo da inspiração, (WELCH et al., 2018), sendo auxiliado pelos músculos intercostais externos, paraesternais, escalenos, e esternocleidomastóideos. Mesmo sendo auxiliado, o diafragma é responsável aproximadamente por 80% de todo o trabalho respiratório (KOCJAN et al., 2017).

Anatomicamente o diafragma é um músculo fino (2–4 mm), móvel e em formato de cúpula, o qual separa fisicamente as cavidades torácica e abdominal. É dividido em duas cúpulas (direita e esquerda) e um tendão central, não contrátil, situado entre as duas cúpulas, no nível da articulação xifoesternal. O processo de contração do diafragma se dá de maneira voluntária, pois se trata de um músculo esquelético, e está sujeita a estímulos externos como o aumento da demanda ventilatória (KOCJAN et al., 2017). Sendo que este processo da respiração, envolvendo o músculo diafragma, se dá em três etapas segundo Kocjan e colaboradores (2017):

1. Primeiramente há um encurtamento das fibras diafragmáticas, movendo o centro tendíneo no sentido caudal, expandindo o volume torácico e gerando pressões intratorácicas subatmosféricas, induzindo, a entrada de ar pelas vias aéreas.
2. O diafragma empurra o conteúdo abdominal para baixo, aumentando a pressão intra-abdominal que se expande lateral e anteriormente, contribuindo assim para que a ascensão das costelas inferiores e expansão torácica sejam ainda maiores.
3. O contato diafragmático com o conteúdo abdominal gera sustentação para a caixa torácica, que por sua vez pode expandir-se no sentido cranial, principalmente com o auxílio da musculatura acessória, ativada durante atividades de alta demanda.

Em relação à composição de fibras do diafragma, pode-se afirmar que ele é composto aproximadamente de 55% de fibras musculares oxidativas aeróbicas (tipo I) altamente resistente a fadiga, aproximadamente 21% de fibras musculares oxidativa e glicolíticas (tipo IIa), fibras intermediárias responsáveis pela contração rápida e resistência à fadiga, e 24% por fibras puramente glicolíticas (tipo IIb), de contração rápida e que possuem baixa resistência à fadiga (ANRAKU e SHARGALL, 2009). Tendo em vista essa composição o diafragma torna-se um músculo altamente eficiente para exercer sua função de forma lenta, resistente, e por toda a vida (KOCJAN et al., 2017).

1.2. Avaliação da musculatura respiratória

A força muscular respiratória (FMR) e a resistência muscular inspiratória (RMI) são de grande importância para a avaliação dos músculos respiratórios (BASSO-VANELLI et al., 2018, FORMIGA et al., 2018). Sabe-se que a força dos músculos inspiratórios tem sido avaliada pela pressão inspiratória máxima (P_{Imáx}) e consiste em uma medida confiável e válida do desempenho muscular inspiratório (ATS/ERS, 2002). Entretanto, a P_{Imáx} fornece somente dados da força muscular inspiratória (FMI), não englobando outros aspectos importantes como a RMI (FORMIGA et al., 2018).

Entende-se como RMI a capacidade de sustentação de um músculo específico em uma tarefa ao longo do tempo e que está relacionada com a sua resistência à fadiga (ATS/ERS, 2002). Podendo esta ser mensurada por diferentes testes, sendo um deles o teste com carga externa, na qual a carga externa pode ser de vários tipos: carga resistiva a fluxo (linear ou alinear), cargas elásticas (pressão exigida dos músculos depende do volume do pulmão), “*threshold loading*” (pressão finita necessária para abrir uma válvula que permite a liberação do fluxo), e carga isofluxo (velocidade de encurtamento muscular é mantida constante) (ATS/ERS, 2002).

Outras formas de mensuração da RMI citados na literatura são as descritas por Leith e Bradley (1976) e Verges, Boutellier e Spergler (2008), que avaliaram a RMI por meio do tempo até a exaustão muscular em um método de reinalação parcial de dióxido de carbono (CO₂) denominada de capacidade ventilatória sustentada máxima. Outros estudos realizaram a avaliação da RMI por meio do teste incremental, que utiliza um equipamento isocinético, o qual fornece resultados de resistência e força muscular inspiratória, bem como da capacidade de trabalho (CAHALIN e ARENA, 2015; CAHALIN et al., 2016; FORMIGA et al., 2018). No entanto, esses testes são menos acessíveis na prática clínica devido ao seu custo e complexidade.

Dentre as metodologias ainda tem-se as descritas por Nickerson e Keens (1982) que avaliaram a RMI por meio de uma válvula inspiratória com um sistema de peso acoplado, para este teste era necessário manter um limiar de pressão inspiratória máxima denominada pressão inspiratória sustentada. Martyn e colaboradores (1987) avaliaram a RMI por meio do mesmo equipamento citado anteriormente, porém realizaram um teste de carga incremental, com incrementos a cada dois minutos. Fiz e colaboradores (1998) aplicaram uma modificação dos métodos dos dois estudos anteriores, avaliando a RMI tanto pelo teste incremental, tanto pelo teste de carga constante. Outros autores também realizaram primeiramente o teste de carga incremental, onde os incrementos de carga eram realizados a cada dois minutos, seguido

por um teste de carga constante, que avaliava o tempo limite (Tlim) que a musculatura respiratória era capaz de sustentar uma determinada porcentagem de pressão alcançada no teste incremental (Mc ELVANEY et al., 1989; EASTWOOD, HILLMAN e FINUCANE, 1994; EASTWOOD et al., 1998; EASTWOOD, HILLMAN e FINUCANE, 2001; DALL'AGO et al., 2006; NEVES et al., 2012). Já Costa (2015) avaliou a RMI por meio do equipamento *Powerbreathe*[®] K3 e realizou somente o teste de carga incremental, porém o incremento de carga era realizado a cada trinta ciclos respiratórios e a carga máxima alcançada foi denominada de pressão inspiratória máxima sustentada. Woszezenki e colaboradores (2017) avaliaram a RMI em crianças e adolescentes por meio de um sistema de válvula de mola modificada, a partir o equipamento *Threshold*[®] IMT, realizando o teste de carga incremental e posteriormente o teste de carga constante utilizando um protocolo adaptado de Fiz e colaboradores (1998).

Para um melhor entendimento e esclarecimento do teste incremental e constante, Hill e colaboradores (2007) realizaram um estudo comparando estes dois na detecção de alterações na RMI após treinamento muscular inspiratório de alta intensidade em paciente com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), e concluíram que o teste incremental foi mais sensível para detectar diferenças nos resultados da RMI dos indivíduos que realizaram o treinamento muscular respiratório. Além disso, em dois estudos foi constatada uma grande variabilidade, somente no teste constante, nos resultados obtidos após treinamento, causados pelas interferências externas, motivação, sensações desagradáveis durante o teste e pela força e RMI (Mc ELVANEY et al., 1989; HILL et al., 2007). Por fim, os autores recomendaram utilizar preferencialmente os testes de carga incremental aos testes de carga constante (HILL et al., 2007).

Para a avaliação da RMI por meio do teste incremental o equipamento mais utilizado foi o de carga externa resistiva a fluxo linear. Alguns autores utilizaram o equipamento *Threshold*[®] IMT para realizar este tipo de avaliação, na qual o equipamento é aberto, sua mola interna retirada, seu êmbolo adaptado e é instalado um sistema de peso externo como gerador de carga (LARSON et al., 1999; ALVES e BRUNETTO, 2006). No entanto, estas adaptações do *Threshold*[®] IMT, as quais não são vendidas juntamente com o equipamento, são realizadas devido a limitação da carga do equipamento, que varia de 7 a 41 cmH₂O, sendo necessária a utilização de cargas externas ao equipamento, para promover maiores níveis de resistência. Isto se torna uma desvantagem na utilização deste equipamento na prática clínica.

Outro equipamento utilizado para este fim é o *Powerbreathe*[®], com modelos existentes no mercado que geram a resistência por meio de uma válvula eletrônica, e oferecem uma maior

variação de carga. Durante a sua utilização acontece uma adaptação da resistência inspiratória, o que pode gerar a estabilização da carga ao longo da respiração, proporcionando uma percepção de conforto para o paciente (NEPOMUCENO JÚNIOR, GÓMEZ e GOMES NETO, 2016).

Costa (2015) utilizou o equipamento Powerbreathe[®] K-series, para avaliar a RMI em indivíduos obesos, antes e após o treinamento muscular respiratório pós-cirurgia bariátrica. Em outro estudo, a RMI foi avaliada por meio do equipamento Powerbreathe[®], em indivíduos pós-infarto agudo do miocárdio e indivíduos saudáveis (NEVES et al., 2012). Porém estes estudos não tiveram como objetivo promover valores de referência para nenhuma das duas populações.

Em geral, os testes de RMI encontrados na literatura, mostram vantagens e desvantagens de seu uso em relação à aplicabilidade na prática clínica, porém não foram encontrados valores de referência para a população em geral, como é encontrado para outras variáveis como a FMR. Além disso, ainda há controvérsias quanto à influência de outros fatores como: gênero, idade e estatura na performance do teste de RMI. Assim, um estudo com um equipamento digital, portátil, de custo razoável e que apresenta uma escala de medida com variação de pressão maior (de 5 a 200 cmH₂O), pode ajudar na avaliação e no treinamento da musculatura respiratória, e apresentar maior aplicabilidade na prática clínica.

Sabe-se que avaliar a RMI é fundamental para a caracterização da disfunção muscular respiratória, bem como, pode ter uma maior relevância funcional comparada à medidas de força, tendo em vista que estes músculos realizam contrações submáximas por toda a vida (HILL et al., 2007). Entretanto, em contraste com a medida de força, o método de avaliação da resistência não é padronizado.

Avaliar a RMI ainda não é rotina na prática clínica, em virtude dessa não padronização das metodologias de avaliação, da carência de equipamentos existentes no mercado (ALVES e BRUNETTO, 2006), além de adaptações que não são comercializadas conjuntamente com os equipamentos. Segundo uma revisão sistemática com meta-análise (SALES et al., 2016), a avaliação da RMI tem sido utilizada ao longo dos anos como uma medida do resultado de diferentes intervenções, e para isso foram utilizadas distintas metodologias de testes, no entanto os resultados ainda mostram-se conflitantes. Portanto, é essencial padronizar os testes de RMI para avaliação clínica e futuras comparações; considerando componentes-chaves como a duração do teste e padrões de recrutamento muscular, os quais podem garantir um resultado mais sensível desta avaliação (SALES et al., 2016).

1.3. Relação da musculatura respiratória e o processo do envelhecimento

A senescência, ou seja, o processo de envelhecimento é um processo progressivo e inevitável, sendo caracterizado pela redução da capacidade física, como: perda de força, flexibilidade, velocidade, massa muscular (sarcopenia) e óssea (osteopenia), devido, sobretudo, ao acometimento das fibras do tipo IIB, esta responsável pela geração de força (ZANELLA et al., 2010).

Essa redução de força também pode influenciar nos mecanismos de controle e nas estruturas pulmonares e extrapulmonares que participam do processo da respiração (CARDOSO, 2009). Uma vez que, com o passar dos anos, ocorrem alterações como o enfraquecimento dos músculos esqueléticos em conjunto ao enrijecimento da parede torácica, ocasionando a redução das pressões respiratórias máximas, proporcionando maior dificuldade na execução da mecânica respiratória (CARDOSO, 2009; RUIVO et al., 2009; TRAMONT et al., 2009).

Curiosamente, nesta fase, o único músculo que parece ser menos afetado pelo envelhecimento é o diafragma que, no idoso, apresenta a mesma massa muscular que indivíduos mais jovens (GORZONI e RUSSO, 2006).

Objetivos

2. OBJETIVOS

- ✓ Estabelecer uma metodologia de avaliação para a RMI e propor equação(ões) preditiva(s) baseada(s) em indivíduos saudáveis;
- ✓ Determinar valores de referência para a RMI de indivíduos saudáveis;
- ✓ Analisar a confiabilidade intra e inter avaliador das medidas de resistência muscular inspiratória, avaliada pelo equipamento de carga de limiar pressórico;
- ✓ Avaliar o grau de associação entre a RMI e a idade, massa corporal, estatura e índice de massa corporal (IMC) na resistência muscular inspiratória de homens e mulheres;
- ✓ Avaliar o grau de associação da RMI e a força muscular respiratória.

Material e métodos

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Desenho do estudo

Trata-se de um estudo observacional, do tipo transversal e multicêntrico.

3.2 Aspectos éticos

O estudo foi realizado de acordo com a resolução nº466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), após aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição (parecer: 1.834.275) (anexo 1), e garantindo-se os referenciais básicos da bioética. Os voluntários foram esclarecidos sobre os objetivos, métodos, assim como riscos e benefícios do estudo.

Aos participantes da pesquisa foi garantido seu anonimato e sigilo com relação a seus dados pessoais e identificação, e também foi assegurado o livre direito de participar ou não da pesquisa, abandonando-a sem perdas de qualquer espécie, sendo aplicado um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (apêndice 1).

3.3 Sujeitos

Foram convidados 235 indivíduos por meio de mídias sociais, parceria com médicos da região e na comunidade, na cidade de São Carlos, Belém e Fortaleza durante o período de 21/03/2017 a 20/10/2019, finalizando o estudo com uma amostra de 204 voluntários.

3.3.1 Critérios de inclusão

Foram incluídos indivíduos de ambos os gêneros, com o IMC $\geq 18,5$ kg/m² e ≤ 30 kg/m², com idade de 20 a 80 anos, não tabagistas, com avaliação espirométrica dentro dos parâmetros de normalidade, com estilo de vida irregularmente ativo e ativo segundo o Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ) versão curta (anexo 2) e que aceitaram participar do estudo.

3.3.2 Critérios de não inclusão

Não foram incluídos os voluntários com cardiopatias, asma, doenças pulmonares crônicas, doenças neurológica, presença de marca passo, rompimento ou qualquer outra enfermidade do tímpano, histórico de pneumotórax espontâneo, fraqueza muscular respiratória segundo Costa e colaboradores (2010), com presença de hipertensão arterial sistêmica não controlada,

diabetes descompensadas, infecções respiratórias nas últimas duas semanas, incapacidade em realizar os procedimentos de avaliação, que se recusaram a participar do estudo e que não assinaram o TCLE.

3.4 Local de Realização

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Pesquisa em Espirometria e Fisioterapia Respiratória da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) em São Carlos – São Paulo, no Laboratório de Fisioterapia da Universidade Federal do Pará (UFPA) em Belém – Pará (apêndice 2), e no Laboratório de Fisioterapia da Faculdade de Tecnologia Intensiva (FATECI) em Fortaleza – Ceará (apêndice 3).

3.5 Protocolo Experimental

Com a aprovação do Comitê de Ética e de acordo com as exigências do TCLE, cumprindo os requisitos da resolução CNS nº 466/12 que incorpora, sob a ótica do indivíduo e das coletividades, os quatro referenciais básicos da bioética: autonomia, não maleficência, beneficência e justiça; assegurando desta forma, o total sigilo e anonimato de todas as pessoas envolvidas neste estudo, iniciaram-se a coleta de dados com os indivíduos em questão.

Os voluntários foram submetidos às avaliações, que consistia em exame físico e história pregressa, com intuito de obter informações sobre a história clínica com detecção de comorbidades. Posteriormente foi realizada a avaliação antropométrica, avaliação dos volumes e capacidades pulmonares, avaliação das pressões inspiratórias e expiratórias máximas (PI_{máx} e PE_{máx}) e avaliação da RMI.

Após as avaliações, os voluntários foram estratificados pelo gênero: homens e mulheres, todos com IMC entre 18,5 e 29,99 kg/m². Cada grupo destes foi subdividido em seis subgrupos de acordo com a idade: 20 a 29 anos, 30 a 39 anos, 40 a 49 anos, 50 a 59 anos, 60 a 69 anos e 70 a 80 anos, conforme fluxograma a seguir (Figura 1). Totalizando 12 grupos no estudo.

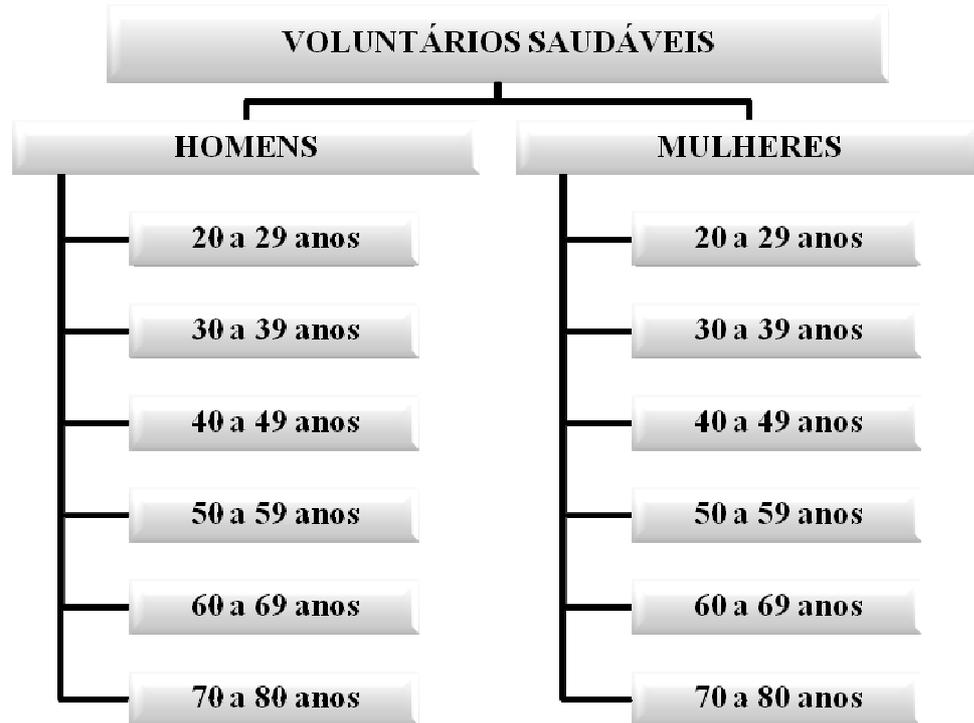


Figura 1: Fluxograma do estudo.

3.6 Avaliações

Para a realização das avaliações, todos os laboratórios foram devidamente preparados e climatizados artificialmente, com a temperatura ambiente controlada entre 22 a 24°C e a umidade relativa do ar mantendo-se entre 40 e 60%. Para o maior controle e organização dos dados avaliados, utilizou-se uma ficha de avaliação (apêndice 3) que foi preenchida pelo avaliador.

3.6.1 Exame físico (história progressa)

Realizado com o objetivo de detectar comorbidades, histórias de infecções respiratórias nas duas últimas semanas, aferir a pressão arterial sistêmica, saturação periférica de oxigênio (SpO₂), frequência cardíaca, frequência respiratória e realizar a ausculta cardíaca e respiratória.

3.6.2 Avaliação antropométrica

Os voluntários permaneceram em posição ortostática e sem sapatos. A massa corporal foi obtida por uma balança mecânica da marca Welmy (Santa Bárbara d'Oeste, São Paulo, Brasil), com capacidade máxima de 300 Kg e divisões de 100 gramas. A estatura foi verificada pelo estadiômetro acoplado a própria balança. O cálculo do IMC foi obtido por meio da equação: massa corporal (kg) /estatura² (m²) (Figura 2 A, B e C).



Figura 2: Avaliação antropométrica. **A:** Balança mecânica da marca Welmy; **B:** Mensuração da massa corporal da voluntária; **C:** Mensuração da estatura da voluntária.

3.6.3 Avaliação dos volumes e capacidades pulmonares

Foi utilizado um espirômetro portátil modelo EasyOne™ (NDD Medical Technologies, Zürich, Suíça) (Figura 3), previamente calibrado, antes de cada exame espirométrico, seguindo as normas preconizadas pela *American Thoracic Society* (ATS/ERS, 2005) e pelas diretrizes para testes de função pulmonar (PEREIRA, 2002). Esta avaliação teve como objetivo averiguar presença ou ausência de distúrbios ventilatórios restritivos e/ou obstrutivos.



Figura 3: Espirômetro portátil modelo EasyOne™ e clipe nasal.

Os voluntários foram orientados a permanecerem sentados e a utilizarem um clipe nasal durante a realização das manobras (Figura 4). Para as manobra de capacidade vital forçada (CVF), as curvas volume-tempo e fluxo-volume foram selecionadas de acordo com os critérios de aceitabilidade e reprodutibilidade preconizados pelas diretrizes para testes de

função pulmonar (PEREIRA, 2002). Posteriormente foi computado o maior valor das melhores curvas selecionados (PEREIRA, 2002). Os valores foram expressos em litros/min e em porcentagem do previsto, segundo valores estabelecidos para a população brasileira (PEREIRA et al., 2002).



Figura 4: Voluntária realizando a avaliação de volumes e capacidades pulmonares.

3.6.4 Avaliação da força muscular respiratória

As medidas de P_{Imáx} e P_{Emáx} foram executadas por meio de um manovacuômetro analógico (Ger-Ar®, São Paulo, Brasil) (Figura 5) previamente calibrado, graduado em cmH₂O, com limite operacional de ± 300 cmH₂O, com marcações a cada 10 cmH₂O, equipados com um adaptador de bocais contendo um orifício com aproximadamente 2 mm de diâmetro para evitar o aumento da pressão intra-oral, evitando dessa forma a interferência nos resultados da força muscular respiratória (SOBUSH e DUNNING, 1984; CAMELO, TERRA FILHO e MANÇO, 1985). A avaliação da P_{Imáx} foi realizada para obter a carga inicial do teste de resistência dos músculos respiratórios. Além disso, a avaliação da P_{Imáx} e P_{Emáx} foram realizadas para avaliar a presença ou ausência de fraqueza muscular respiratória (COSTA et al., 2010).



Figura 5: Manovacuômetro analógico, extensão, adaptador de bocais, bocal e clipe nasal.

Para iniciar estas avaliações o voluntário deveria sortear, dentro de um envelope opaco, um papel no qual estava escrito que manobra seria realizada primeiramente. A metodologia iniciou-se com os voluntários sentados, utilizando um clipe nasal para evitar o escape de ar (Figura 6). A P_{Imáx} foi medida durante esforço inspiratório máximo iniciado a partir do volume residual (VR) e a P_{Emáx} foi determinada durante o esforço expiratório máximo a partir da capacidade pulmonar total (BLACK e HYATT, 1969), sendo que cada voluntário realizava de três a cinco esforços de inspirações máximas aceitáveis e reproduzíveis, isto é, diferenças de 10% ou menos entre os valores, sustentado por pelo menos 1 segundo e sem vazamento perioral de ar. A medida de maior valor foi considerada para análise. O intervalo entre as medidas consecutivas foi de 1 minuto (NEDER et al., 1999). Os valores preditivos foram calculados de acordo com as equações de Costa e colaboradores (2010) para população brasileira.



Figura 6: Voluntária realizando as manobras da avaliação da força muscular respiratória.

3.6.5 Avaliação da resistência dos músculos inspiratórios

O teste de resistência dos músculos inspiratórios foi realizado utilizando o aparelho Powerbreathe[®] K3 (Gaiam Ltd; Southam, Warwickshire, UK) (Figura 7). Para a avaliação, o fisioterapeuta sempre estava ao lado do paciente para garantir que a carga estipulada foi vencida, para orientar, evitar estímulos visuais e executar os comandos verbais padrões. Com o intuito de familiarizar o paciente com o teste e com o equipamento foi realizada uma etapa, ou seja, 30 ciclos respiratórios com a carga mínima do equipamento (5 cmH₂O), posteriormente foi realizado um intervalo de 30 minutos para poder iniciar o teste. E para o início do teste a carga estipulada para todos foi de 30% da P_{Imáx} (ATS/ERS, 2002).



Figura 7: Equipamento Powerbreathe® K3 e o clipe nasal.

Este equipamento emite um sinal sonoro a cada ciclo respiratório, assim para a realização dessa avaliação os voluntários foram orientados da necessidade de obedecer este sinal, até o término de cada estágio do teste, que é composto por 30 ciclos respiratórios (COSTA, 2015). Posteriormente ao término de cada estágio, o voluntário teve um intervalo de cinco segundos, após este período houve, no estágio subsequente, um acréscimo na carga de 10% da P_{Imáx} (NEVES et al., 2012) (Figura 8).

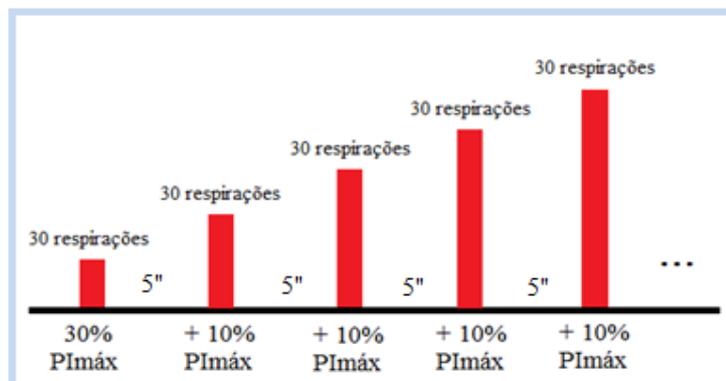


Figura 8: Protocolo de realização do teste de resistência dos músculos respiratórios.

O teste progredia até que o indivíduo não conseguisse atingir a pressão predeterminada por três respirações consecutivas, apresentasse dispneia (BASSO-VANELLI et al., 2017) ou relatasse fadiga da musculatura respiratória, uma queda na SpO₂ $\geq 4\%$ e/ou alcançasse a frequência cardíaca submáxima. Em tempos determinados, no decorrer do teste, estímulos verbais padronizados foram realizados:

- No início do teste: “Agora iniciará o teste, puxe todo o ar com força e solte o ar lentamente”;

- Durante o teste, quando o voluntário atingia 15 respirações: “Você está indo muito bem, continue assim!”;
- Ao finalizar cada etapa: “Na próxima etapa do teste a dificuldade de puxar o ar será um pouco maior”;
- Ao término do teste: “Parabéns! Você terminou seu teste”.

Durante o teste realizou-se a monitorização contínua da SpO_2 e frequência cardíaca, e próximo ao término de cada estágio foi mostrado ao indivíduo a escala de Borg CR-10 (anexo 3), e o mesmo apontava a sensação de dispneia e fadiga naquele momento (Figura 9 A e B). Por fim, a maior carga sustentada por pelo menos 15 respirações foi considerada o valor de pressão inspiratória máxima sustentada (P_{ImáxS}) (COSTA, 2015).

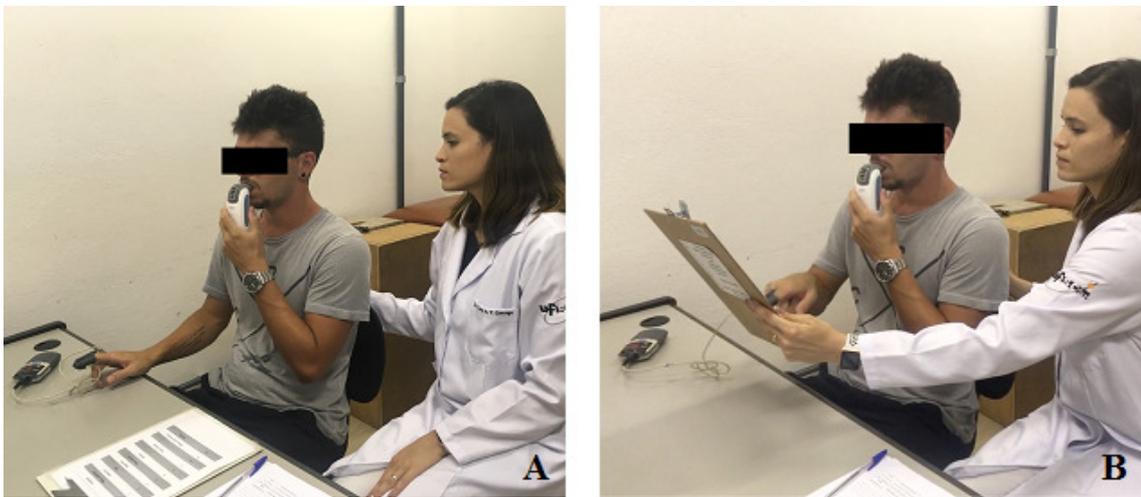


Figura 9: Voluntário realizando a avaliação da resistência dos músculos respiratórios. **A:** Posicionamento do voluntário durante o teste; **B:** Voluntário apontando a sensação de dispneia e fadiga.

Resultados

4. RESULTADOS

Os dados coletados possibilitaram a produção de dois estudos:

Estudo I: Confiabilidade do teste de resistência muscular inspiratório usando o *powerbreathe*[®] em sujeitos saudáveis.

“Reliability of inspiratory muscle endurance testing using powerbreathe[®] in healthy subjects”

Estudo II: Teste clínico de resistência muscular inspiratória: equação e valores de referência para indivíduos saudáveis.

“Clinical test of inspiratory muscle endurance: equation and references values for healthy subjects”

O Estudo I foi submetido ao periódico The Clinical Respiratory Journal (anexo 4); o estudo II foi submetido ao periódico Respiratory Care (anexo 5). Os estudos serão apresentados de acordo com as normas dos periódicos a fim de compor a tese.

Estudo I

5. ESTUDO I

Artigo original

“CONFIABILIDADE DO TESTE DE RESISTÊNCIA MUSCULAR INSPIRATÓRIO USANDO O *POWERBREATHE*[®] EM SUJEITOS SAUDÁVEIS”

Manuscrito submetido no periódico The Clinical Respiratory Journal (anexo 4)

RESUMO

Contextualização: Apesar da importância clínica da avaliação da resistência muscular inspiratória (RMI) e das variedades de testes descritos, nem todos se baseiam em indivíduos saudáveis, apresentam estudo de confiabilidade e são aplicáveis clinicamente. **Objetivo:** Verificar a confiabilidade de um protocolo de avaliação da RMI em adultos e idosos saudáveis. **Métodos:** Este foi um estudo sobre propriedades de medidas, para analisar a confiabilidade teste-reteste. Cem indivíduos saudáveis (42 homens e 58 mulheres) na faixa etária de 20 a 80 anos, participaram do estudo, no qual foram submetidos a uma avaliação da RMI por meio de um protocolo incremental usando o equipamento “*pressure threshold loading*” - Powerbreathe[®] K3 (Gaiam Ltd; Southam, Warwickshire, Reino Unido). A maior carga sustentada por 15 ciclos respiratórios foi considerada a pressão inspiratória máxima sustentada (PI_{máxS}). **Resultados:** A PI_{máxS} apresentou excelente confiabilidade na análise intra-avaliador (Feminino: 0,978/ Masculino:0,982) e na análise interavaliadores (Feminino: 0,913/ Masculino:0,993), o erro padrão de medida para o intra-avaliador foi 3,04 (IC95%:5,92) e 2,38 (IC95%:4,67), para o interavaliadores de 5,79 (IC95%:11,35) e 2,09 (IC95%:4,09) para o gênero feminino e masculino, respectivamente. Na análise de Bland-Altman, o erro médio na análise intra-avaliador foi 2,31 (IC95%:-5,91 a 10,53) e 0,05 (IC95%:-6,47 a 6,56), na análise interavaliadores de -0,03 (IC95%:-15,91 a 15,84) e 0,05 (IC95%:-17,67 a 17,77) para o gênero feminino e masculino, respectivamente. **Conclusão:** O teste incremental foi confiável para indivíduos saudáveis de ambos os gêneros e foi constatada a necessidade de apenas um teste para avaliar a PI_{máxS}.

Palavras-chave: músculos respiratórios, reprodutibilidade dos testes, fisioterapia.

ABSTRACT

Introduction: Despite the clinical importance of assessing inspiratory muscle endurance (IME) and the variety of tests described, not all are based on healthy individuals, have a reliability study and are clinically applicable. **Aim:** To verify the reliability of an IME assessment protocol in healthy adults and elderly. **Methods:** This was a study on measurement properties, to analyse test-retest reliability. One hundred healthy individuals (42 men and 58 women) participated in the study, with age range from 20 to 80 years, who underwent a IME assessment through a incremental protocol using the pressure threshold loading equipment - Powerbreathe[®] K3 (Gaiam Ltd; Southam, Warwickshire, UK). The greatest load sustained for 15 respiratory cycles was considered the sustained maximum inspiratory pressure (SMIP). **Results:** SMIP presented excellent intra-rater reliability (Women:0.978/Men:0.982) and inter-rater reliability (Women:0.913/Men:0.993), the standard error of the measurement (SEM) was 3.04 cmH₂O and 2.38 for intra-rater analysis; SEM was 5.79 (CI95%:11.35) and 2.09 (CI95%:4.09) for inter-rater reliability, considering women and men, respectively. On Bland-Altman plots, the mean intra-rater error was 2.31 (CI95%:-5.91 – 10.53) and 0.05 (CI95%:-6.47 – 6.56); and the mean inter-rater error was -0.03 (CI95%:-15.91 - 15.84) and 0.05 (CI95%:-17.67 – 17.77) for women and men, respectively. **Conclusion:** The incremental test was reliable for healthy individuals of both genders and there was a need for only one test to assess SMIP.

Keywords: respiratory muscle, evaluation, reproducibility of results, physical therapy specialty.

INTRODUÇÃO

A força e a resistência dos músculos respiratórios são de grande importância para a avaliação dos músculos inspiratórios¹. Sabe-se que a força muscular inspiratória é avaliada pela pressão inspiratória máxima (PI_{máx})², considerada uma medida confiável e válida do desempenho muscular inspiratório^{3,4}. Porém, a PI_{máx} fornece somente dados da força muscular inspiratória, não englobando outros aspectos importantes, como a resistência muscular inspiratória (RMI)⁵.

A RMI é definida como a capacidade do músculo em sustentar uma determinada tarefa ao longo do tempo, relacionando-se, portanto com a sua resistência à fadiga². A avaliação da RMI é essencial para caracterizar a disfunção muscular respiratória¹, além de fornecer informações mais relevantes à funcionalidade do que outras medidas de força, uma vez que esses músculos executam contração submáxima ao longo da vida⁶. Há diversos tipos de testes, bem como diferentes intensidades, que permitem distintos padrões de ativação muscular e resultam em grande variedade de técnicas para avaliar a RMI².

Várias técnicas são utilizadas para avaliar a RMI. Dentre essas técnicas, a reinalação parcial de dióxido de carbono é descrita para avaliar o tempo até a exaustão muscular^{7,8} e o teste incremental, que utiliza um equipamento isocinético, fornece avaliação de resistência e força muscular respiratória, bem como a capacidade de trabalho⁹. No entanto, esses testes são menos acessíveis na prática clínica devido ao seu custo e complexidade.

Em contrapartida, dispositivos com cargas externas são mais acessíveis¹⁰. O equipamento mais descrito na literatura para avaliação da RMI é o de carga resistiva a fluxo linear. Alguns autores usavam um dispositivo Threshold IMT[®] adaptado, removendo a mola interna e implementando um sistema de carga externa^{11,12}. No entanto, essas adaptações são uma desvantagem para a prática clínica, sugerindo a necessidade de melhores alternativas para avaliar a RMI. Portanto, dispositivos que geram a resistência por meio de um sistema de mola ou de uma válvula eletrônica foram criados e oferecem uma maior variação de carga¹³. O Powerbreathe[®] é um desses dispositivos que tem sido utilizado por vários pesquisadores com diferentes protocolos de avaliação^{1,14,15,16,17,18,19}.

Os protocolos clínicos para avaliar a RMI podem ser os testes de carga constante ou incremental, que apresentam metodologias viáveis e de baixo custo. Além disso, são métodos que se utilizam de cargas lineares externas que se mantêm durante todo o teste (constante) ou aumentam progressivamente (incremental) até que os músculos não consigam sustentar o esforço. Em um teste de carga incremental, a carga máxima alcançada é utilizada para definir a capacidade máxima de resistência dos músculos inspiratórios¹⁶.

Hill et al. (2007)⁶ realizaram um estudo comparando os testes incremental e constante na detecção de alterações da RMI após treinamento muscular inspiratório de alta intensidade em pacientes com DPOC, e concluíram que o teste incremental era mais específico em sua capacidade de distinguir os participantes treinados em comparação ao teste de carga constante. Embora os autores tenham avaliado pacientes com DPOC, esse resultado pode ser aplicável a uma população saudável. Contudo, a avaliação da RMI por meio de um protocolo utilizando dispositivo de carga eletrônica, a confiabilidade teste-reteste e a medição de erros ainda são pouco conhecidas, especialmente em indivíduos saudáveis.

Sendo assim, este estudo teve como objetivo verificar a confiabilidade de um protocolo de avaliação da RMI em adultos e idosos saudáveis. A hipótese é que a avaliação da RMI é reprodutível em adultos e idosos saudáveis.

METODOLOGIA

Este foi um estudo observacional do tipo teste-reteste, realizado no Laboratório de Espirometria e Fisioterapia Respiratória da Universidade Federal de São Carlos, no período de 30/03/2017 a 19/07/2017. Homens e mulheres saudáveis com idade entre 20 e 80 anos foram convidados e consentiram com o estudo, de acordo com a resolução brasileira 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Este estudo foi aprovado no comitê de ética da instituição (nº 1.834.275).

Cento e sete indivíduos foram convidados a participar deste estudo, porém quatro não compareceram no primeiro dia de avaliação, um no segundo dia, um apresentou fraqueza muscular respiratória e um apresentou valores espirométricos anormais. Foram incluídos no estudo indivíduos saudáveis, não tabagistas, com avaliação espirométrica dentro dos parâmetros de normalidade, $IMC \geq 18,5 \text{ kg/m}^2$ e $\leq 30 \text{ kg/m}^2$, e classificados como irregularmente ativo e ativo, segundo o Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ)²⁰ e que aceitaram participar do estudo.

Não foram incluídos indivíduos com cardiopatias, asma, doenças pulmonares crônicas, presença de marca passo, enfermidades do tímpano, histórico de pneumotórax espontâneo, fraqueza muscular respiratória segundo Costa e colaboradores²¹, com presença de hipertensão arterial sistêmica não controlada, diabetes descompensadas, infecções respiratórias nas últimas duas semanas e durante os testes, e incapacidade em realizar os procedimentos de avaliação.

Procedimento experimental

Os indivíduos elegíveis foram submetidos à anamnese e exame físico, incluindo avaliação antropométrica e medidas de força e resistência dos músculos respiratórios. Durante a avaliação, a sala foi preparada com temperatura controlada (22-24°C) e umidade acima de 40%. Cada participante foi submetido a dois testes RMI, com intervalo de 24 horas. Para avaliar a confiabilidade intra-avaliador, 50 participantes realizaram duas RMI conduzidas por um único avaliador, enquanto os outros 50 indivíduos realizaram os testes com dois avaliadores diferentes. A ordem da avaliação foi randomizada usando dois envelopes opacos.

Os participantes eram cegos em relação aos resultados dos testes, os quais só eram revelados após o término do segundo teste. Além disso, todos os participantes receberam instruções padronizadas antes e durante os testes. Por fim, foram avaliados sinais vitais, ausculta pulmonar e cardíaca para garantir a estabilidade da saúde dos participantes.

Avaliação da força muscular inspiratória

A força muscular inspiratória foi avaliada por meio da medida da pressão inspiratória máxima (P_{Imáx}) utilizando um manovacuômetro analógico (Ger-Ar[®], São Paulo, Brasil). Foi realizada com o objetivo de avaliar fraqueza muscular respiratória, segundo Costa e colaboradores (2010)²¹, e estabelecer a carga inicial do teste de resistência dos músculos respiratórios. Os voluntários permaneceram em posição sentada com uso de clipe nasal durante o teste e a P_{Imáx} foi medida durante esforço inspiratório máximo iniciado a partir do volume residual (VR)²². Foram realizadas três medidas, com repouso de 60 segundos entre elas, sendo que estas não poderiam variar mais de 10% entre elas. Caso houvesse variação era feito novo repouso e repetidas às manobras até que as medidas fossem reprodutíveis, totalizando no máximo 5 esforços. A medida de maior valor foi considerada para a análise²³.

Avaliação da resistência muscular inspiratória

O teste de RMI foi realizado utilizando o equipamento Powerbreathe[®] K3 (Gaiam Ltd; Southam, Warwickshire, UK). Para o início do teste a carga estipulada foi de 30% da P_{Imáx}², sendo realizado um acréscimo de 10% da P_{Imáx} inicial a cada estágio até 100% da P_{Imáx} ou exaustão do voluntário. Os voluntários permaneceram em posição sentada com os membros superiores apoiados e uso do clipe nasal durante o teste. Todos se familiarizaram com o equipamento antes do início do teste realizando alguns ciclos respiratórios com a carga mínima de 5 cmH₂O. Os voluntários foram orientados a fazer a inspiração forte e profunda e na sequência expiração lenta e máxima, de modo a obedecer o sinal sonoro emitido pelo

equipamento a cada ciclo respiratório. Ao término de cada estágio, composto de 30 ciclos respiratórios, o sinal sonoro era emitido e o voluntário seguia para o próximo estágio²⁴. Entre os estágios houve um intervalo de cinco segundos para acréscimo de carga para que o voluntário pudesse iniciar novamente o teste^{1,19,25} (Figura 1).

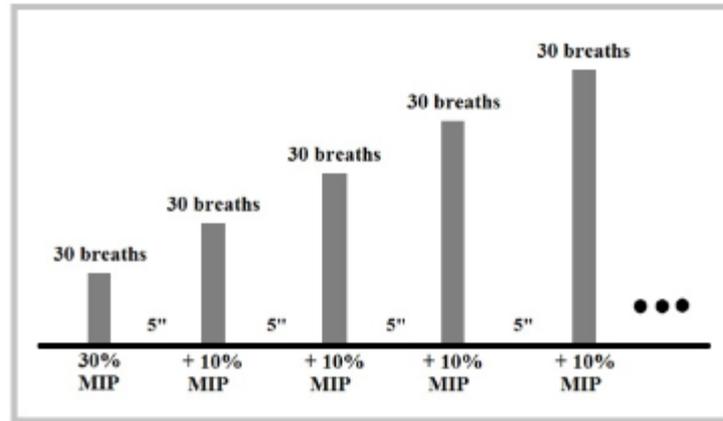


Figura 1: Protocolo de realização do teste de resistência dos músculos respiratórios.

O teste foi interrompido quando os participantes não foram capazes de atingir a pressão determinada em três ciclos respiratórios consecutivos¹, relataram fadiga muscular respiratória, diminuição da oximetria de pulso $\geq 4\%$ ou frequência cardíaca maior que a submáxima. A oximetria de pulso e a frequência cardíaca foram monitoradas continuamente a escala de Borg CR-10 foi mostrada aos participantes nos segundos finais de cada estágio, para que pudessem apontar a intensidade da dispnéia e fadiga. Em tempos determinados, no decorrer do teste, houve estímulos verbais padronizados:

- No início do teste: “Agora iniciará o teste, puxe todo o ar com força e solte o ar lentamente”;
- Durante o teste, quando o voluntário alcançar 15 respirações: “Você está indo muito bem, continue assim!”;
- Ao finalizar cada etapa: “Na próxima etapa do teste a dificuldade de puxar o ar será um pouco maior”;
- Ao término do teste: “Parabéns! Você terminou seu teste”.

A maior carga sustentada por pelo menos 15 respirações foi considerada o valor de pressão inspiratória máxima sustentada ($P_{Im\acute{a}xS}$)²⁴. Além disso, foram registrados os números de ciclos respiratórios (NCR) de cada estágio e considerados para a análise a somatória total dos NCR em todos os estágios.

Análise estatística

Os dados foram registrados em ficha de avaliação e transcritos para o banco de dados do software SPSS versão 20.0 para análises. O tamanho da amostra para cada análise de confiabilidade (intra e interavaliadores) foi de 50 indivíduos²⁶. O valor de p adotado foi de 0,05.

Os dados com distribuição normal e não normal foram expressos em média e desvio padrão e mediana e intervalo interquartilico, respectivamente.

Na análise de confiabilidade, tanto intra como interavaliadores foi calculado o coeficiente de correlação intraclassa (CCI) utilizando o modelo *Single Score* para *one-way*. Para a análise intra-avaliador foram considerados os dois testes, feitos pelo mesmo avaliador, enquanto na análise interavaliadores considerou-se os dois testes, um feito por cada avaliador. Foram considerados valores inferiores a 0,4 como baixa confiabilidade, valores entre 0,4 e 0,75 como boa confiabilidade e valores acima de 0,75 como excelente confiabilidade²⁷.

Para analisar as medidas de erro foi calculado o erro padrão de medida (EPM) pela equação $EPM = DP \times \sqrt{(1 - CCI)}$, o intervalo de confiança de 95% (IC95%) pela equação $IC95\% = EPM \times 1,96$, e a diferença mínima detectável (DMD) pela fórmula $DMD = EPM \times \sqrt{2} \times 1,64$ ²⁸. Além disso, foram explorados os limites de concordância no gráfico de Bland-Altman.

RESULTADOS

Cem indivíduos saudáveis participaram deste estudo, 58 mulheres e 42 homens. Eles foram divididos em dois grupos, o intra-avaliador e o interavaliadores. As características da amostra são apresentadas na tabela I.

Tabela I. Características da amostra.

Gênero	Intra-avaliador		Interavaliadores	
	Feminino (n=29)	Masculino (n=21)	Feminino (n=29)	Masculino (n=21)
Idade (anos)	39,48 ± 14,80	44,71 ± 19,16	36,38 ± 15,94	39,57 ± 17,01
Massa corporal (kg)	66,02 ± 9,36	78,06 ± 8,18	65,39 ± 12,03	79,97 ± 12,87
Estatura (m)	1,63 ± 0,06	1,74 ± 0,06	1,65 ± 0,08	1,76 ± 0,10
IMC (kg/m ²)	24,80 ± 3,31	25,67 ± 2,38	24,09 ± 3,81	25,60 ± 2,78
PImáx (cmH ₂ O)	106,21 ± 18,60	128,57 ± 23,51	107,59 ± 21,49	127,14 ± 29,18
PImáx (% pred)	116,83 ± 19,60	119,57 ± 15,32	116,52 ± 22,62	102,71 ± 20,43
PImáxS- teste (cmH ₂ O)	62,83 ± 20,51	74,48 ± 17,59	53,76 ± 19,29	74,67 ± 24,94
PImáxS- reteste (cmH ₂ O)	65,14 ± 19,58	74,52 ± 17,77	53,72 ± 19,64	75,52 ± 23,47
NCR - teste	118,21 ± 45,80	118,29 ± 35,50	88,59 ± 32,72	123,00 ± 59,75
NCR-reteste	124,10 ± 45,85	118,52 ± 32,61	91,34 ± 34,21	124,52 ± 58,29

Valores expressos em média ± desvio padrão. **Legenda:** IMC: índice de massa corpórea; PImáx: pressão inspiratória máxima; VEF₁: volume expiratório forçado no primeiro segundo; CVF: capacidade vital forçada; PImáxS: pressão inspiratória máxima sustentada; NCR: número de ciclos respiratórios.

Na análise intra-avaliador, foi encontrada uma confiabilidade excelente para PImáxS e NCR (CCI ≥ 0,886) e com erro padrão de medição próximo de zero para a variável PImáxS (Tabela II e III). No gráfico de Bland-Altman, o erro médio da PImáxS foi de 2,31 cmH₂O (IC 95%: -5,91 - 10,53) para mulheres (Figura 2A) e 0,05 cmH₂O (IC 95%: -6,47 - 6,56) para homens (Figura 2B). Além disso, considerando o NCR, o erro médio foi de 5,90 ciclos respiratórios (IC 95%: -24,90 - 36,70) para mulheres (Figura 2C) e 0,24 ciclos respiratórios (IC 95%: -31,67 a 32,15) para homens (Figura 2D).

Tabela II. Coeficiente de correlação intraclassa (CCI) entre os valores de endurance medidos em cmH₂O e entre o número de ciclos respiratórios no teste e reteste.

Gênero		Intra-avaliador		Interavaliadores	
		Feminino (n=29)	Masculino (n=21)	Feminino (n=29)	Masculino (n=21)
PImáxS – teste X PImáxS - reteste (cmH ₂ O)	CCI	0,978	0,982	0,913	0,993
	p valor	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	IC95%	0,954 - 0,990	0,957 - 0,993	0,824 - 0,958	0,984 - 0,997

NCR – teste X NCR – reteste	CCI	0,941	0,886	0,778	0,983
	p valor	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
	IC95%	0,879 - 0,972	0,741 - 0,952	0,579 - 0,889	0,959 - 0,993

PImáxS: pressão inspiratória máxima sustentada; NCR: número de ciclos respiratórios; n: número de voluntários alocados em cada grupo; cmH₂O: centímetros de água; CCI: coeficiente de correlação intraclassa; IC: intervalo de confiança; p valor: nível de significância.

Tabela III. Valores do erro padrão de medida (EPM) e diferença mínima detectável (DMD) das variáveis PImáxS e NCR.

Gênero		Intra-avaliador		Interavaliadores	
		Feminino (n=29)	Masculino (n=21)	Feminino (n=29)	Masculino (n=21)
PImáxS (cmH ₂ O)	EPM (IC95%)	3,04 (5,92)	2,38 (4,67)	5,79 (11,35)	2,09 (4,09)
	DMD	7,05	5,52	13,43	4,85

NCR	EPM (IC95%)	11,14 (21,83)	11,89 (23,49)	16,12 (31,59)	7,79 (15,27)
	DMD	25,83	27,81	37,39	18,07

PImáxS: pressão inspiratória máxima sustentada; NCR: número de ciclos respiratórios; EPM: erro padrão de medida; DMD: diferença mínima detectável; IC: intervalo de confiança.

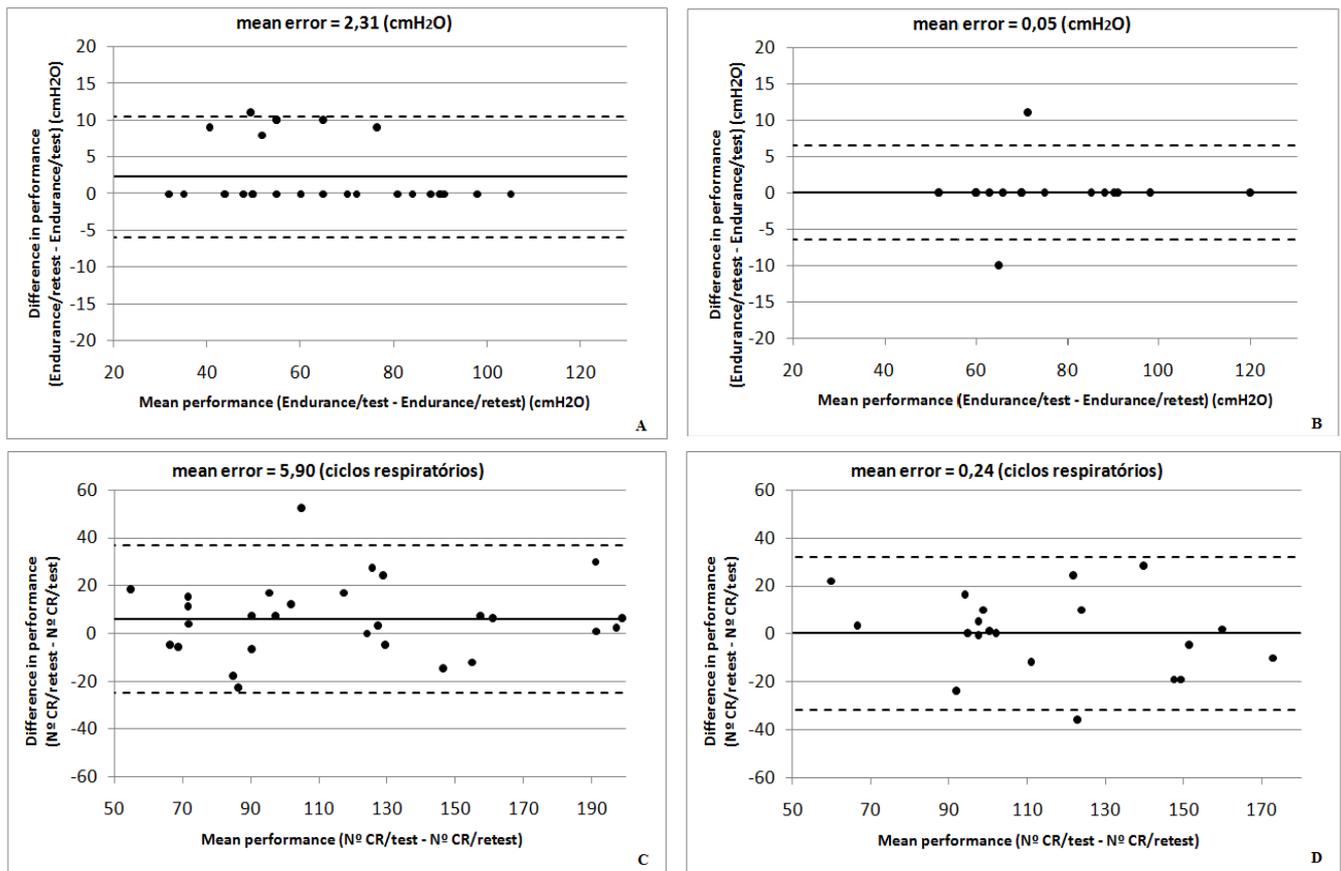


Figura 2: Análise gráfica de Bland-Altman do teste de resistência muscular respiratória (intra-avaliador). A linha horizontal sólida representa a média das diferenças, e as linhas pontilhadas representam os intervalos de confiança de 95%. PImaxS do gênero feminino do grupo 1 (A), PImaxS do gênero masculino do grupo 1 (B), Número de ciclos respiratórios do gênero feminino do grupo 1 (C) e Número de ciclos respiratórios do gênero masculino do grupo 1 (D).

Em relação à análise por meio do gráfico Bland-Altman, no grupo interavaliadores, para a PImaxS o erro médio foi de -0,03 cmH₂O (IC 95%: -15,91 - 15,85) para mulheres (Figura 3A) e 0,05 cmH₂O (IC 95%: -17,67 - 17,77) para homens (Figura 3B); e para o a variável NCR, o erro médio foi de 2,76 ciclos respiratórios (IC 95%: -40,98 - 46,50) para mulheres (Figura 3C) e 1,52 ciclos respiratórios (IC 95%: -19,59 - 22,64) para homens (Figura 3D).

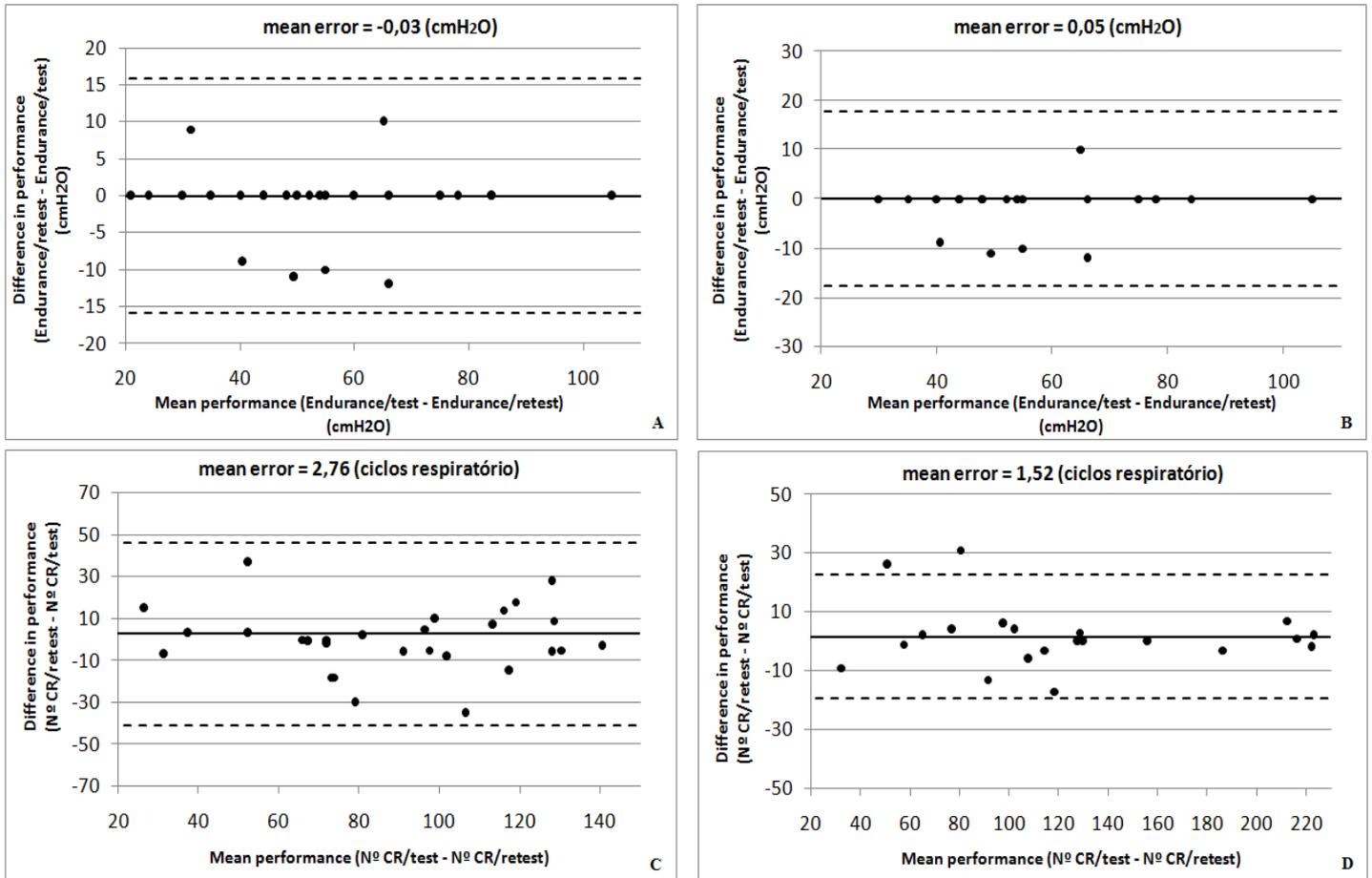


Figura 3: Análise gráfica de Bland-Altman do teste de resistência muscular respiratória (interavaliadores). A linha horizontal sólida representa a média das diferenças, e as linhas pontilhadas representam os intervalos de confiança de 95%. PImáxS do gênero feminino do grupo 2 (A), PImáxS do gênero masculino do grupo 2 (B), Número de ciclos respiratórios do gênero feminino do grupo 2 (C) e Número de ciclos respiratórios do gênero masculino do grupo 2 (D).

DISCUSSÃO

O presente estudo encontrou excelente confiabilidade do protocolo incremental proposto para avaliar a RMI em adultos e idosos saudáveis, considerando o dispositivo escolhido e a padronização adotada para PImáxS e NCR.

Na análise de confiabilidade, os valores de CCI da variável PImáxS foram maiores que 0,90 e os valores de CCI para a variável NCR foram superiores a 0,76. Esses achados corroboram Basso-Vanelli et al.¹, que avaliaram a confiabilidade do teste de RMI usando Powerbreathe[®] em pacientes com DPOC, encontrando excelente confiabilidade para PImáxS, com CCI = 0,96.

Verificou-se um valor baixo do EPM para ambas as variáveis, semelhante ao encontrado por Basso-Vanelli et al.¹ para pacientes com DPOC (4,7cmH₂O). No entanto, houve diferença no protocolo em relação ao presente estudo, sendo que neste foi utilizada uma limitação de

estágio com base no número de ciclos respiratórios, enquanto no outro¹ era baseado no tempo. Nosso estudo encontrou um valor DMD para o grupo intra-avaliador de 5,52-7,05 cmH₂O e 25,83-27,81 ciclos respiratórios para P_{ImáxS} e NCR, respectivamente. Assim, o DMD indica que as alterações acima desses números provavelmente se devem a um fator externo, como uma intervenção. Em outro estudo com pacientes com DPOC, a DMD foi um pouco maior que a encontrada no presente estudo (DMD = 10,9 cmH₂O)¹. No entanto, estudos com DMD em uma população saudável não foram encontrados.

No gráfico de Bland-Altman para a variável P_{ImáxS}, os valores médios de erro foram próximos de zero, indicando que não houve tendência de aumento ou diminuição dos resultados no segundo teste. Esse resultado reforça a hipótese de que apenas um teste é necessário para avaliar a RMI na população saudável. No entanto, Basso-Vanelli et al.¹ encontraram um erro médio positivo (4,2 cmH₂O) para o P_{ImáxS}, sugerindo um efeito de aprendizado. De acordo com Sturdy et al.²⁴ o efeito aprendizagem pode estar associado à melhora da P_{Imáx} devido a uma melhor coordenação dos músculos respiratórios, mas não relacionado a uma alteração na capacidade da RMI. Assim, a incongruência pode dever-se às diferenças nas populações estudadas e ao protocolo adotado para avaliar a RMI.

Uma revisão sistemática com metanálise, incluindo pacientes com DPOC²⁸, considerou que 13 cmH₂O seria uma diferença clinicamente relevante para as medidas de P_{ImáxS}, superior às medidas de erro do presente estudo. Portanto, os valores de erro médios encontrados tanto para a avaliação intra-avaliador quanto na avaliação interavaliadores reforçam que não houve uma diferença relevante entre as avaliações.

Segundo a mesma revisão citada anteriormente²⁸, as avaliações da RMI têm sido utilizadas como uma medida do resultado de diferentes intervenções, e para isso foram utilizadas distintas metodologias de testes, no entanto os resultados ainda mostram-se conflitantes. No presente estudo, foi proposto um protocolo de avaliação da RMI visando uma forma de padronização de teste para que futuras comparações entre estudos possam ser realizadas, contribuindo para o melhor entendimento desses resultados.

Em uma revisão sistemática¹³ sobre o uso do Powerbreathe[®] por atletas para o treinamento muscular inspiratório e em uma revisão sistemática com metanálise³⁰ que avaliou a RMI após o treinamento em atletas e não atletas, a maioria dos estudos utilizou um protocolo de treinamento com séries de 30 repetições. No presente estudo, utilizamos uma metodologia de avaliação com 30 ciclos respiratórios para cada etapa do teste, talvez este formato de avaliação que se assemelha aos treinamentos encontrados nestas revisões possa demonstrar uma maior sensibilidade no ganho, manutenção ou perda da RMI. Assim, essa

associação, entre treinamento e avaliação utilizando metodologias próximas, pode apoiar o uso de protocolo de teste baseado em repetições, como o utilizado neste estudo. No entanto, estudos futuros devem verificar a capacidade de resposta antes de usar este teste como resultado da intervenção.

As avaliações da RMI não são comumente utilizadas e aplicáveis na prática clínica, em virtude da carência de equipamentos existentes no mercado¹². Neste estudo, foi feita a escolha pelo Powerbreathe[®], pois é um equipamento presente no mercado, de carga linear, que gera resistência por meio de um sistema de válvula eletrônica e tem capacidade de oferecer uma maior carga em relação aos outros equipamentos. Além disso, durante seu uso, há uma adaptação inspiratória da resistência, que pode gerar estabilização da carga durante a respiração, proporcionando melhor percepção de conforto para o participante¹³.

Limitações

Uma limitação deste estudo foi o número menor de indivíduos com idades maiores, principalmente na faixa etária de 70 a 80 anos.

CONCLUSÃO

Concluiu-se que a avaliação da RMI realizada por meio do teste incremental, proposto neste estudo, foi reprodutível para adultos e idosos saudáveis. Mostrando que a utilização do equipamento de carga externa resistiva a fluxo, com válvula eletrônica, é viável e aplicável para a avaliação da RMI de indivíduos saudáveis. Além disso, é necessário apenas um teste para avaliar a PImáxS, pois não foi observado efeito aprendizagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Basso-Vanelli RP, Di Lorenzo VAP, Ramalho M, et al. Reproducibility of inspiratory muscle endurance testing using PowerBreathe for COPD patients. *Physiother Res Int.* 2018; 23 (1): 1-6.
2. AMERICAN THORACIC SOCIETY/EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY (ATS\ERS). Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002; 166 (4): 518-624.
3. Lee KB, Kim MK, Jeong JR, Lee WH. Reliability of an electronic inspiratory loading device for assessing pulmonary function in poststroke patients. *Med Sci Monit.* 2016; 22: 191–196.
4. Langer D, Jacome C, Charususin N, et al. Measurement validity of an electronic inspiratory loading device during a loaded breathing task in patients with COPD. *Respir Med.* 2013; 107 (4): 633–635.
5. Formiga MF, Roach KE, Vital I, et al. Reliability and validity of the test of incremental respiratory endurance measures of inspiratory muscle performance in COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2018; 13: 1569–1576.
6. Leith DE, Bradley M. Ventilatory muscle strength and endurance training. *J Appl Physiol.* 1976; 41 (4): 508-516.
7. Verges S, Boutellier U, Spengler CM. Effect of respiratory muscle endurance training on respiratory sensations, respiratory control and exercise performance: a 15 year experience. *Respir Physiol Neurobiol.* 2008; 161 (1): 16-22.
8. Nickerson BG, Keens TG. Measuring ventilatory muscle endurance in humans as sustainable inspiratory pressure. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1982; 52 (3): 768-772.
9. Cahalin LP, Arena R. Novel methods of inspiratory muscle training via the Test of Incremental Respiratory Endurance (TIRE). *Exerc Sport Sci Rev.* 2015; 43 (2): 84-92.
10. Martyn JB, Moreno RH, Paré PD, Pardy RL. Measurement of inspiratory muscle performance with incremental threshold loading. *Am Rev Respir Dis.* 1987; 135 (4): 919-23.
11. COSTA CM. *Programas de exercícios respiratórios com carga inspiratória no pós-operatório de cirurgia bariátrica: um ensaio clínico randomizado cego.* 2015. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) – Universidade Metodista de Piracicaba, São Paulo. 2015.
12. McElvaney G, Fairbairn MS, Wilcox PG, Pardy RL. Comparison of two-minute incremental threshold loading and maximal loading as measures of respiratory muscle endurance. *Chest.* 1989; 96 (3): 557-563.

13. Eastwood PR, Hillman DR, Finucane KE. Ventilatory responses to inspiratory threshold loading and role of muscle fatigue in task failure. *J. Appl. Physiol.* 1994; 76 (1): 185-95.
14. Eastwood PR, Hillman DR, Morton AR, Finucane KE. The effects of learning on the ventilatory responses to inspiratory threshold loading. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1998; 158 (4): 1190-1196.
15. Eastwood PR, Hillman DR, Finucane KE. Inspiratory muscle performance in endurance athletes and sedentary subjects. *Respirology.* 2001; 6 (2): 95-104.
16. Dall'Ago P, Chiappa GRS, Guths H, Stein R, Ribeiro JP. Inspiratory muscle training in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness: a randomized trial. *J Am Coll Cardiol.* 2006; 47(4): 757-763.
17. Neves LMT, Karsten M, Neves VR, Beltrame T, Borghi-Silva A, Catai AM. Respiratory muscle endurance is limited by lower ventilatory efficiency in post-myocardial infarction patients. *Braz J Phys Ther.* 2014; 18 (1): 1-8.
18. Larson JL, Covey MK, Berry J, Wirtz S, Alex CG, Matsuo M. Discontinuous incremental threshold loading test: measure of respiratory muscle endurance in patients with COPD. *Chest.* 1990; 115 (1): 60-67.
19. Alves LA, Brunetto AF. Adaptação do Threshold[®] IMT para teste de resistência dos músculos inspiratórios. *Rev. Bras. Fisioter.* 2006; 10 (1): 105-112.
20. Nepomuceno Júnior BRV, Gómez TB, Gomes Neto M. Use of Powerbreathe[®] in inspiratory muscle training for athletes: systematic review. *Fisioter Mov.* 2016; 29 (4): 821-830.
21. Costa D, Gonçalves HA, Lima LP, Ike D, Cancelliero KM, Montebelo MIL. Novos valores de referência para pressões respiratórias máximas na população brasileira. *J Bras Pneumol.* 2010; 36 (3): 306-312.
22. Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1969; 32 (5): 696-702.
23. Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests, II: maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med and Biol Res.* 1999; 32 (6): 719-727.
24. Sturdy G A, Hillman DR, Green DJ, Jenkins S, Cecins NM, Eastwood PR. The effect of learning on ventilatory responses to inspiratory threshold loading in COPD. *Respir Med.* 2004; 98 (1): 1-8.
25. Terwee CB, Mokkink LB, Knol DL, Ostelo RWJG, Bouter LM, De Vet HCW. Rating the methodological quality in systematic reviews of studies on measurement properties: a scoring system for the COSMIN checklist. *Qual Life Res.* 2012 ; 21 (4): 651-657.
26. Fleiss JL. The Design and analysis of clinical experiments. New York: Wiley, 1986.

27. Waltson DM, Macdermid JC, Nielson WR, Teasell RW, Chiasson M, Brown L. Reliability, standard error and minimum detectable change of clinical pressure pain threshold testing in people with and without acute neck pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2011; 41 (9): 644-650.
28. Sales ATN, Fregonezi GAF, Ramsook AH, Guenette JA, Lima INDF, Reid WD. Respiratory muscle endurance after training in athletes and non-athletes: A systematic review and meta-analysis. *Phys Ther Sport.* 2016; 17: 76-86.
29. Hill K, Jenkins SC, Philippe DL, Shepherd KL, Hillman DR, Eastwood PR. Comparison of incremental and constant load tests of inspiratory muscle endurance in COPD. *Eur Respir J.* 2007; 30 (3): 479–486.
30. Gosselink R, De Vos J, van den Heuvel SP, Segers J, Decramer M, Kwakkel G. Impact of inspiratory muscle training in patients with COPD: What is the evidence? *Eur Respir J.* 2011; 37 (2): 416–425.

*Estudo II***6. ESTUDO II**

Artigo original

**“TESTE CLÍNICO DE RESISTÊNCIA MUSCULAR INSPIRATÓRIA: EQUAÇÃO
E VALORES DE REFERÊNCIA PARA INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS”**

Manuscrito submetido no periódico Respiratory Care (anexo 5)

RESUMO

Contextualização: Apesar da importância clínica da avaliação da resistência muscular respiratória e das variedades de testes e equipamentos citados na literatura, ainda encontram-se lacunas em relação a equações preditivas e valores de referência para indivíduos saudáveis.

Objetivos: Propor teste clínico para avaliação da resistência muscular inspiratória (RMI), verificar a influência da força muscular respiratória, idade, estatura, massa corporal e índice de massa corporal (IMC) na RMI e equação preditiva para a RMI de indivíduos saudáveis.

Métodos: Trata-se de um estudo observacional e multicêntrico, que incluiu 204 indivíduos saudáveis de 20 a 80 anos de idade, os quais foram submetidos à avaliação da força muscular respiratória, por meio das medidas de pressão inspiratória máxima (PImáx) e a avaliação da resistência dos músculos inspiratórios, por meio do teste incremental, utilizando-se de um equipamento com válvula ajustada eletronicamente. Após as avaliações os voluntários foram divididos em dois grupos, de acordo com o gênero, posteriormente cada grupo foi subdividido em seis subgrupos de acordo com a faixa etária.

Resultados: Após as análises pode-se constatar que houve uma correlação positiva entre a pressão inspiratória máxima sustentada (PImáxS) e a PImáx ($r=0,646$; $p<0,001$), estatura ($r=0,302$; $p<0,001$) e massa corporal ($r=0,279$; $p=0,001$) e uma correlação negativa entre a PImáxS e a idade ($r=0,240$; $p=0,003$). Observou-se após a regressão linear múltipla com *stepwise*, um grau de associação entre a PImáxS, idade e gênero ($r^2=0,2613$; $p<0,001$), gerando o modelo ajustado: $PImáxS=e^{4,2357+(0,3324 \times \text{gênero})-(0,008 \times \text{idade})}$, sendo gênero feminino=0 e masculino=1.

Conclusão: Há um aumento da RMI paralelamente ao aumento da força inspiratória, estatura e massa corporal e a RMI reduziu com o avançar da idade. A utilização do equipamento de carga externa resistiva a fluxo com válvula eletrônica, para a avaliação da RMI de indivíduos saudáveis, mostrou-se ser de fácil aplicabilidade na prática clínica. Além disso, a utilização da equação preditiva pode colaborar para um melhor entendimento da PImáxS e proporcionar uma melhor interpretação sobre os valores de RMI em indivíduos saudáveis.

Palavras-chave: músculos respiratórios, avaliação, trabalho respiratório, pressões respiratórias máximas, fisioterapia, adulto.

ABSTRACT

Background: despite the clinical importance of the assessment of respiratory muscle endurance and the variety of tests and equipment cited in the literature, there are still gaps regarding predictive equations and reference values for healthy individuals. **Aims:** propose a clinical test to evaluate inspiratory muscle endurance (IME), to verify the influence of respiratory muscle strength, age, height, body mass and body mass index (BMI) on IME and to promote predictive equation for IME in healthy individuals. **Methods:** This is an observational and multicenter study, which included 204 healthy individuals aged 20 to 80 years, who underwent respiratory muscle strength assessment using maximum inspiratory pressure (MIP) measurements and the assessment of respiratory muscle resistance through the incremental test using an electronically adjusted threshold loading device. After the evaluations, the volunteers were divided into two groups according to gender, then each group subdivided into six subgroups according to age group. **Results:** After the analysis it can be seen that there was a positive correlation between the maximum sustained inspiratory pressure (SMIP) and MIP ($r=0.646;p<0.001$), height ($r=0.302;p<0.001$) and body mass ($r=0.279;p=0.001$) and a negative correlation between SMIP and age ($r=0.240;p=0.003$). After stepwise multiple linear regression, a degree of association between SMIP and age and gender was observed ($r^2=0.2613;p<0.001$), generating the adjusted model: $SMIP=e^{4.2357+(0.3324 \times Sex)-(0.008 \times Age)}$, with female = 0 and male = 1. **Conclusion:** There is an increase in the IME in parallel with the increase in inspiratory strength, height and body mass, and the IME decreased with advancing age. The use of external flow-resistant equipment with electronic valve, for the evaluation of the IME of healthy individuals, proved to be easily applicable in clinical practice. In addition, the use of the predictive equation can contribute to a better understanding of SMIP and provide a better interpretation of the IME values in healthy individuals.

Keywords: respiratory muscle, evaluation, work of breathing, maximal respiratory pressures, physical therapy specialty, adult.

INTRODUÇÃO

A resistência muscular inspiratória (RMI) pode ser entendida como a habilidade de sustentação de um músculo específico em uma tarefa no decorrer do tempo e que tem relação com a sua resistência à fadiga¹. Podendo esta ser mensurada por diferentes testes, sendo um deles o teste com carga externa, na qual a carga externa pode ser de vários tipos: carga resistiva a fluxo, cargas elásticas, “*threshold loading*” e carga isofluxo¹.

A avaliação da RMI ainda não é comumente aplicável na prática clínica, em virtude da não padronização das metodologias de avaliação². Dentre as metodologias descritas na literatura, Leith e Bradley³ e Verges, Boutellier e Spergler⁴ avaliaram a resistência muscular respiratória por meio do tempo até a exaustão muscular com um método de reinalação parcial de dióxido de carbono. Nickerson e Keens⁵ usaram uma válvula inspiratória com um sistema de peso acoplado. Cahalin e Arena⁶ avaliaram a RMI por meio de um equipamento isocinético, o qual fornece resistência e força muscular, bem como a capacidade de trabalho. Martyn e colaboradores⁷ avaliaram a RMI por meio de um teste de carga incremental, sendo este incremento a cada dois minutos. Costa⁸ também utilizou o teste de carga incremental, porém o incremento de carga era realizado a cada trinta ciclos respiratórios. Outros autores utilizaram primeiramente o teste de carga incremental seguido por um teste de carga constante 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15

Hill e colaboradores¹⁶ realizaram um estudo comparando o teste incremental e o teste constante na detecção de alterações na RMI após treinamento muscular inspiratório de alta intensidade em paciente com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), e concluíram que o teste incremental foi mais específico para avaliar a RMI. Além disso, em dois estudos foi constatada uma grande variabilidade, somente no teste constante, nos resultados obtidos após treinamento^{9,16}. Por fim, os autores recomendaram utilizar como preferência os testes de carga incremental aos testes de carga constante¹⁶.

Em geral, os testes de RMI encontrados na literatura, mostram vantagens e desvantagens do seu uso na prática clínica⁸, porém não foram encontrados valores de referência para indivíduos saudáveis, como é encontrado para outras variáveis como a força muscular respiratória. Além disso, ainda há controvérsias quanto à influência de outros fatores como: gênero, idade e estatura na performance do teste de RMI¹⁴.

Em relação à senescência que é um processo progressivo e inevitável, sabe-se que ocorre uma redução, principalmente, da força global, devido ao acometimento das fibras do tipo IIb (ZANELLA et al., 2010). Essa redução pode influenciar nos mecanismos de controle e nas

estruturas pulmonares e extrapulmonares que participam do processo da respiração (CARDOSO, 2009), uma vez que, com o passar dos anos, ocorrem alterações como o enfraquecimento dos músculos esqueléticos em conjunto ao enrijecimento da parede torácica, ocasionando a redução das pressões respiratórias máximas, proporcionando maior dificuldade na execução da mecânica respiratória e possível alteração da RMI (CARDOSO, 2009; RUIVO et al., 2009; TRAMONT et al., 2009).

Assim, uma equação proposta por meio de uma avaliação da RMI com equipamento digital, pode ajudar em uma melhor compreensão da RMI e sua influência sobre outras variáveis como idade, gênero e composição corporal.

À vista disso, este estudo visa propor uma equação preditiva para RMI de indivíduos saudáveis, avaliada por meio do teste incremental utilizando um equipamento com válvula eletrônica e de fácil aplicação na prática clínica. E ainda, verificar a influência da força muscular respiratória, da idade, da estatura, da massa corporal e do índice de massa corporal (IMC) na RMI, visando favorecer um melhor domínio desta variável, além de auxiliar na elaboração de diagnóstico funcional fisioterapêutico mais acurado e possibilitar promover um tratamento mais acurado em relação aos músculos inspiratórios.

Assim sendo, a hipótese desse estudo é que por meio da metodologia de avaliação citada e da elaboração de equação preditiva para RMI, consigamos demonstrar que o processo de envelhecimento e as características antropométricas podem influenciar no desempenho da musculatura respiratória, e conseqüentemente alterar a resistência muscular inspiratória.

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de coorte, do tipo transversal e multicêntrico. Realizado no Laboratório de Pesquisa em Espirometria e Fisioterapia Respiratória da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) em São Carlos/SP, no Laboratório de Fisioterapia da Universidade Federal do Pará (UFPA) em Belém/PA e no Laboratório de Fisioterapia da Faculdade de Tecnologia Intensiva (FATECI) em Fortaleza/CE no período de 21/03/2017 a 20/10/2019.

Os sujeitos foram convidados por meio de mídias sociais, parceria com médicos da região e na comunidade e foram submetidos à triagem. O estudo foi finalizado com uma amostra de 204 voluntários. Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido de conformidade com a resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição (parecer: 1.834.275).

Foram incluídos no estudo indivíduos adultos saudáveis, não tabagistas, com avaliação espirométrica dentro dos parâmetros de normalidade, $IMC \geq 18,5 \text{ kg/m}^2$ e $\leq 30 \text{ kg/m}^2$, classificados como irregularmente ativo e ativo segundo o Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ) versão curta, e que aceitaram participar do estudo.

Não foram incluídos indivíduos com diagnóstico de cardiopatias, doenças pulmonares crônicas, doenças neuromusculares, presença de marca passo, enfermidades do tímpano, histórico de pneumotórax espontâneo, fraqueza muscular respiratória segundo Costa e colaboradores²¹, com presença de hipertensão arterial sistêmica não controlada, diabetes descompensadas, infecções respiratórias nas últimas duas semanas e durante os testes, e incapacidade em realizar os procedimentos de avaliação.

Procedimento experimental

Os indivíduos incluídos no estudo foram submetidos a uma anamnese e exame físico que consistia de avaliação antropométrica, avaliação espirométrica e medida da força e resistência muscular inspiratória. Para a realização das avaliações, o laboratório foi devidamente preparado e climatizado com temperatura ambiente de 22 a 24°C e umidade relativa do ar superior a 40%.

Após as avaliações, os voluntários foram estratificados pelo gênero: homens e mulheres. Cada grupo destes subdividido em seis subgrupos de acordo com a idade: 20 a 29 anos, 30 a 39 anos, 40 a 49 anos, 50 a 59 anos, 60 a 69 anos e 70 a 80 anos, totalizando 12 subgrupos no estudo.

Avaliação dos volumes e capacidades pulmonares

Foi utilizado um espirômetro portátil modelo EasyOne™ (ndd Medical Technologies, Zürich, Suíça), seguindo as normas preconizadas pela *American Thoracic Society*²² e pelas diretrizes para testes de função pulmonar²³. Esta avaliação teve como objetivo averiguar presença ou ausência de distúrbios ventilatórios restritivos ou obstrutivos. Foram realizadas manobras de capacidade vital lenta, capacidade vital forçada e ventilação voluntária máxima. Os valores foram expressos em litros, litros/min e em porcentagem do previsto, segundo valores estabelecidos para a população brasileira²³.

Avaliação da força muscular inspiratória

A força muscular inspiratória foi avaliada por meio da medida da pressão inspiratória máxima (P_Imáx) utilizando um manovacuômetro analógico (Ger-Ar®, São Paulo, Brasil). Esta avaliação foi realizada com o objetivo de avaliar fraqueza muscular respiratória, segundo

Costa e colaboradores²¹, e estabelecer a carga inicial do teste de resistência dos músculos inspiratórios. A PImáx foi medida durante esforço inspiratório máximo iniciado a partir do volume residual (VR)²⁴. Foram realizadas até 5 manobras aceitáveis e reproduzíveis, com repouso de 60 segundos entre elas. A medida de maior valor foi considerada para a análise²⁵.

Avaliação da resistência dos músculos inspiratórios

O teste de resistência dos músculos respiratórios foi realizado utilizando o equipamento Powerbreathe[®] K3 (Gaiam Ltd; Southam, Warwickshire, UK). Para o início do teste a carga estipulada foi de 30% da PImáx¹, sendo realizado um acréscimo de 10% desse valor a cada estágio até atingir 100% da PImáx ou ocorrer a exaustão do voluntário.

Os indivíduos permaneceram em posição sentada com os membros superiores apoiados e uso do clipe nasal durante o teste. Todos se familiarizaram com o equipamento antes do início do teste realizando 30 ciclos respiratórios com a carga mínima de 5 cmH₂O e foram orientados durante o teste a fazer uma inspiração profunda e uma expiração na sequência, sempre obedecendo o sinal sonoro emitido pelo equipamento a cada ciclo respiratório.

Ao término de cada estágio, composto de 30 ciclos respiratórios, o sinal sonoro era emitido e o indivíduo seguia para o próximo estágio⁸. Entre os estágios houve um intervalo de cinco segundos para acréscimo de carga para que o indivíduo pudesse iniciar novamente o teste (Figura 1).

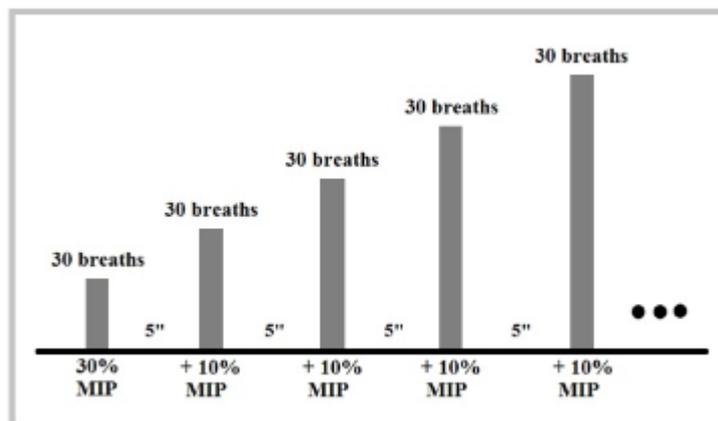


Figura 1: Protocolo de realização do teste de resistência dos músculos inspiratórios.

O teste progredia até que o indivíduo não conseguisse atingir a pressão predeterminada por três respirações consecutivas¹⁵, relatasse fadiga da musculatura respiratória, uma queda na saturação periférica de oxigênio (SpO₂) $\geq 4\%$ e/ou alcançasse a frequência cardíaca (FC) submáxima. Foi realizada a monitorização contínua da SpO₂ e FC, e próximo ao término de cada estágio foi mostrado ao indivíduo a escala de Borg CR-10, e o mesmo apontava a

sensação de dispneia e fadiga naquele momento. Em tempos determinados, no decorrer do teste, houve estímulos verbais padronizados:

- No início do teste: “Agora iniciará o teste, puxe todo o ar com força e solte o ar lentamente”;
- Durante o teste, quando o voluntário alcançar 15 respirações: “Você está indo muito bem, continue assim!”;
- Ao finalizar cada etapa: “Na próxima etapa do teste a dificuldade de puxar o ar será um pouco maior”;
- Ao término do teste: “Parabéns! Você terminou seu teste”.

A maior carga sustentada por pelo menos 15 respirações foi considerada o valor de pressão inspiratória máxima sustentada (P_{ImáxS})⁸. Além disso, foram mensurados os números de ciclos respiratórios (NCR) de cada estágio e considerados para a análise a somatória total dos NCR.

Análise estatística

Os dados coletados foram registrados em ficha de avaliação e foram transcritos para o banco de dados do software Statistical Analysis System (SAS) versão 9.3, Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 20.0 e Minitab versão 16.1.0 para análises. O tamanho amostral (n) foi estimado de acordo com a relação entre o número de variáveis independentes (gênero, idade, massa corporal, estatura, IMC e estado de origem dos voluntários) introduzidas na análise de regressão múltipla, resultando em uma amostra de 60 voluntários de ambos os gêneros. Segundo Bartlett, Kotrlik e Higgins²⁶, uma relação mais conservadora foi relatada como ótima com 10 indivíduos para cada variável independente.

No entanto, a amostra total foi constituída de 204 voluntários, sendo 147 indivíduos alocados para a formulação da equação preditiva (amostra equação) e 57 indivíduos para testar a equação (amostra teste), sendo esta amostra separada de forma aleatória simples com estratificação realizada proporcionalmente em relação à região e ao gênero. Nas análises estatísticas foi adotado o nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$).

Para avaliar o pressuposto de normalidade de distribuição dos dados foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov, e para testar a homogeneidade das variâncias foi utilizado o teste de Levene. Após a constatação de não normalidades dos dados foi aplicada a transformação logarítmica na variável P_{ImáxS}, por fim verificando a distribuição normal.

Uma análise da correlação da P_{ImáxS} com a idade, massa corporal, estatura, IMC e número de ciclos respiratórios dos sujeitos foi realizada pela correlação de Pearson. A

elaboração da equação preditiva foi realizada por meio de regressão linear múltipla com método *Stepwise*, onde a variável dependente foi a PImáxS e as variáveis independentes foram o gênero, idade, massa corporal, estatura, IMC e estados de origem dos voluntários. Além disso, foram explorados os limites de concordância no gráfico de Bland-Altman entre os valores obtidos e previstos da amostra teste.

RESULTADOS

Foram convidados 235 indivíduos por meio de mídias sociais, parceria com médicos da região e na comunidade. Porém 14 não compareceram para avaliação, 4 não aceitaram participar do estudo, 1 apresentou uma elevada pressão arterial durante o exame físico, 3 foram excluídos por apresentarem o IMC acima de 30 kg/m², 2 por serem classificados como muito ativo, segundo IPAQ versão curta, 2 apresentaram fraqueza muscular inspiratória e 5 apresentaram teste de espirometria fora dos parâmetros de normalidade, finalizando o estudo com uma amostra de 204 voluntários. Destes, 147 participaram da amostra equação e 57 da amostra teste.

A tabela 1 mostra as características dos sujeitos estudados nos subgrupos divididos por faixas etárias em relação à estatura, massa corporal e IMC nas duas amostras. Já na tabela 2 estão expostos os valores obtidos de PImáx, PImáxS e NCR na amostra equação.

Tabela 1: Características antropométricas dos sujeitos segundo subgrupos etários.

Subgrupos/Idade	Amostra Equação (n=147)			Amostra Teste (n=57)				
	n	Estatura (m)	Massa corporal (Kg)	IMC (Kg/m ²)	N	Estatura (m)	Massa corporal (Kg)	IMC (Kg/m ²)
20 - 29 anos	65	1,67 ± 0,09	66,35 ± 13,10	23,68 ± 3,27	25	1,70 ± 0,09	70,71 ± 11,16	24,53 ± 3,04
30 - 39 anos	35	1,67 ± 0,10	71,45 ± 13,42	25,26 ± 2,96	14	1,66 ± 0,08	68,88 ± 10,83	24,94 ± 2,99
40 - 49 anos	15	1,60 ± 0,09	72,53 ± 14,59	26,42 ± 4,12	5	1,62 ± 0,09	75,06 ± 9,01	28,44 ± 2,22
50 - 59 anos	13	1,61 ± 0,10	65,23 ± 8,66	25,02 ± 2,62	6	1,63 ± 0,10	71,60 ± 9,44	26,84 ± 1,69
60 - 69 anos	8	1,67 ± 0,12	74,94 ± 16,13	26,55 ± 2,57	6	1,66 ± 0,06	76,62 ± 8,03	27,68 ± 2,30
70 - 80 anos	11	1,60 ± 0,08	69,19 ± 11,45	26,73 ± 2,75	1	1,44 ± 0	49,9 ± 0	24,06 ± 0

Valores expressos em média ± desvio padrão. **Legenda:** IMC: índice de massa corporal; n: número de sujeitos.

Tabela 2: Pressão inspiratória máxima, pressão inspiratória máxima sustentada e número de ciclos respiratórios obtidos em cada subgrupo.

Subgrupos/Idade	20 -29 anos	30 - 39 anos	40 - 49 anos	50 - 59 anos	60 -69 anos	70 -80 anos
	(n=65)	(n=35)	(n=15)	(n=13)	(n=8)	(n=11)
PI_{máx}	115,23 ±	125,14 ±	125,33 ±	103,85 ±	105,00 ±	96,36 ±
(cmH ₂ O)	22,51	25,25	25,87	22,93	25,63	19,12
PI_{máxS}	64,32 ±	69,14 ±	62,20 ±	52,31 ±	54,00 ±	47,73 ±
(cmH ₂ O)	22,23	20,92	22,84	20,54	25,83	15,74
NCR	105,92 ±	107,91 ±	94,13 ±	91,38 ±	91,62 ±	92,91 ±
	44,22	44,61	37,90	50,64	43,79	49,96

Valores expressos em média ± desvio padrão. Legenda: PI_{máx}: pressão inspiratória máxima; PI_{máxS}: pressão inspiratória máxima sustentada; NCR: número de ciclos respiratórios; n: número de sujeitos.

Quanto aos resultados do grau de associação entre duas variáveis, observou-se uma correlação positiva e forte entre a PI_{máxS} e a PI_{máx} e entre a PI_{máxS} e o NCR, moderada entre a PI_{máxS} e a estatura, fraca entre a PI_{máxS} e a massa corporal, e não foi constatada correlação entre a PI_{máxS} e o IMC. Em relação ao grau de associação entre a PI_{máxS} e idade observou-se uma correlação negativa fraca (Tabela 3).

Tabela 3: Valores de correlação entre a PI_{máxS} e as variáveis PI_{máx}, estatura, massa corporal, IMC e NCR para cada subgrupo.

		PI _{máx}	Idade	Estatura	Massa Corporal	IMC	NCR
		(cmH ₂ O)	(anos)	(m)	(Kg)	(Kg/m ²)	
	r	0,646 *	-0,240 *	0,302 *	0,279 *	0,130	0,792 *
PI_{máxS}	p valor	<0,001	0,003	<0,001	0,001	0,115	<0,001
(cmH ₂ O)	Erro padrão	0,054	0,073	0,067	0,066	0,077	0,024
	IC95%	0,525	-0,379	0,169	0,143	-0,024	0,742
		0,734	-0,092	0,434	0,402	0,270	0,834

Legenda: PI_{máxS}: pressão inspiratória máxima sustentada; PI_{máx}: pressão inspiratória máxima; IMC: índice de massa corporal; NCR: número de ciclos respiratórios; n: número de sujeitos; IC95%: intervalo de confiança de 95% *: Diferença significativa entre as variáveis (p < 0,05).

A tabela 4 expõe os dados da regressão linear múltipla para predizer o valor da PImáxS em função do resultado significativo das variáveis independentes, o qual estima os parâmetros do modelo para a elaboração da equação preditiva.

Tabela 4: Dados da regressão linear múltipla para predizer o valor da pressão inspiratória máxima sustentada (PImáxS) em indivíduos de 20 a 80 anos.

Variáveis	Estimativa de parâmetros	EPE	p valor	R ²
Constante	4,2357	0,0695	<0,001	
Gênero	0,3324	0,0551	<0,001	0,2613
Idade	-0,008	0,0017	<0,001	

Os valores representam estimativas dos parâmetros do modelo ajustados para a pressão inspiratória máxima sustentada (PImáxS), seguidos pelo respectivo erro padrão da estimativa. **Legenda:** EPE: erro padrão da estimativa; R²: coeficiente de determinação.

Com base nos resultados da tabela 4 o modelo ajustado para variável PImáxS transformada em logaritmo foi:

$$PImáxS = e^{4,2357 + (0,3324 \times \text{gênero}) - (0,008 \times \text{idade})}$$

Onde o gênero feminino é igual a “0” e o gênero masculino igual a “1”.

Além disso, após a elaboração da fórmula de predição para a PImáxS, testamos o poder da previsão da mesma com a amostra teste, a qual foi separada inicialmente no estudo e não foi incluída para a análise de regressão, por meio da disposição gráfica de Bland & Altman (Figura 2). Constatou-se um erro médio da variável PImáxS de 5,88 cmH₂O (IC 95%: -33,45 a 45,22).

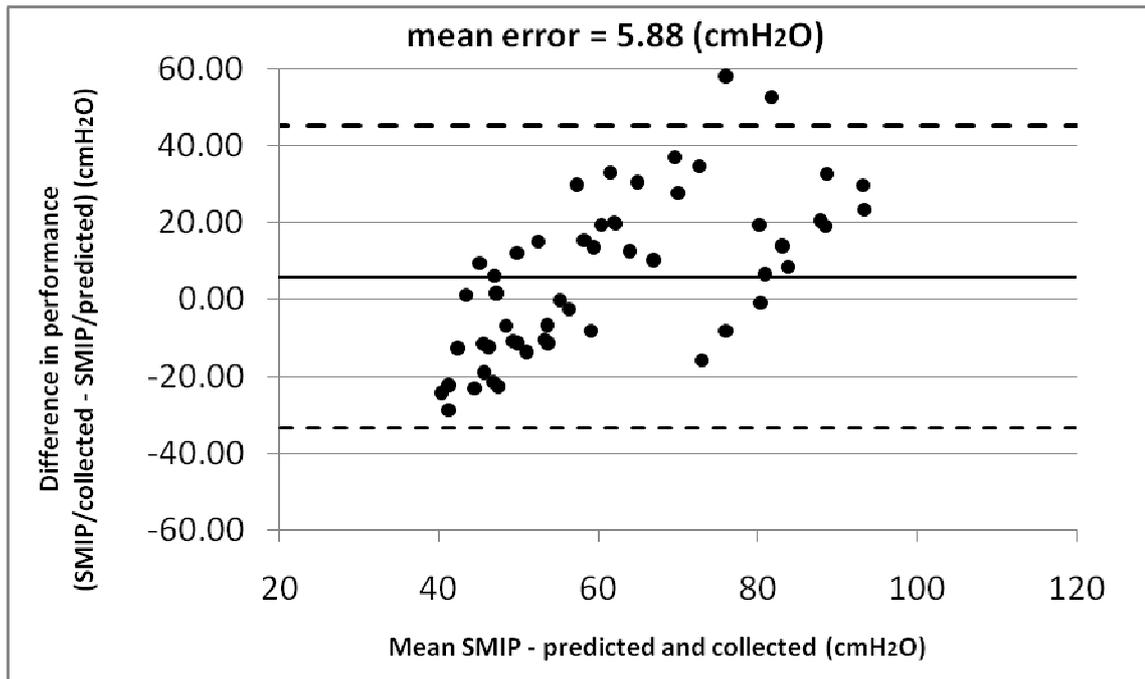


Figura 2: Concordância entre os valores médios da PImáxS (medidos e previstos) da amostra, por faixa etária, utilizando o gráfico de Bland & Altman. A linha horizontal sólida representa a média das diferenças e as linhas pontilhadas representam os intervalos de confiança de 95%.

DISCUSSÃO

A RMI tem sido estudada ao longo dos anos como uma medida de resultado de diferentes intervenções²⁷, porém alguns autores propõem metodologias de avaliações da resistência muscular inspiratória que se desvencilham de um treinamento e a conceituam de PImáxS^{5,6,7,15,28}. E para esta finalidade foram utilizadas distintas metodologias de testes e equipamentos, como: equipamentos criados pelos próprios pesquisadores, os quais não são comercializados; equipamentos já existentes, porém com adaptações que não são comercializadas conjuntamente; ou equipamentos com um custo muito elevado.

Este estudo propôs um método de avaliação da resistência muscular inspiratória, avaliada por meio da PImáxS, utilizando apenas um equipamento eletrônico com carga externa resistiva a fluxo, portátil e disponível para compra no mercado. Sendo que neste, não foram realizadas adaptações, facilitando desta forma sua aplicabilidade na prática clínica. Além disso, do nosso conhecimento, este é o primeiro estudo a reportar uma equação preditiva da PImáxS, em indivíduos saudáveis, sendo avaliada por meio de equipamento eletrônico com carga resistiva a fluxo.

A avaliação da RMI, em indivíduos saudáveis, utilizando a carga externa foi investigada primeiramente por Nickerson e Keens em 1982⁵. Estes avaliaram 15 indivíduos de 5 a 75 anos e seus valores de PImáxS variaram de 52 a 130 cmH₂O. Já em nosso estudo avaliamos 204

indivíduos de 20 a 80 anos e observamos uma variação de 21 a 120 cmH₂O. Essa diferença pode ser oriunda primeiramente pelo número de indivíduos coletados, pela abrangência das localidades de coleta, seguido pela diferença metodológica, pois Nickerson e Keens⁵ realizaram sua avaliação por meio de um equipamento auto criado, onde o indivíduo tinha que sustentar a ventilação com uma carga de 90% da P_{Imáx} por 10 minutos, caso não conseguisse o indivíduo ficava em repouso durante igual período e recomeçava o teste com uma carga reduzida. Já no presente estudo, a avaliação foi realizada de forma incremental, partindo de uma carga baixa e com intervalos curtos de mudança de estágio.

Martyn e colaboradores⁷ desenvolveram um teste de RMI de incrementos progressivos, iniciando com uma carga de 30 a 40% da P_{Imáx} e incrementos de carga de 5 a 10% a cada 2 minutos. Após sua execução, concluíram que as estratégias respiratórias afetam a medição da P_{ImáxS}, porém uma forma de minimizar estes achados e garantir um melhor desempenho no teste era promover um período de familiarização. Portanto, com base no estudo citado anteriormente⁷, desenvolvemos um teste de RMI incremental progressivo, com uma carga inicial de 30% da P_{Imáx} com incrementos de 10% a cada 30 ciclos respiratórios, sendo que a escolha destes ciclos é uma padronização do próprio equipamento. E antes de iniciar, visando minimizar o efeito aprendizagem observado anteriormente⁷, foi realizado um período de familiarização.

Corroborando os achados anteriores⁷, constatamos que o teste de RMI deve permitir que os indivíduos desenvolvam estratégias respiratórias para lidar com altas cargas inspiratórias, mostrando assim o valor real da RMI. Além do que, o teste de carga incremental a cada 30 ciclos respiratórios mostrou ser uma avaliação simples para medir a resistência dos músculos respiratórios, podendo ser aplicável em diversos ambientes, pois se trata de um equipamento portátil de fácil manuseio.

Cahalin e Arena⁶ publicaram o que chamaram de nova metodologia de teste de resistência respiratória incremental. Avaliaram a RMI por meio de um dinamômetro isocinético, onde a P_{ImáxS} foi mensurada do volume residual até a capacidade pulmonar total e representada pelo trabalho sob a curva gerada desde o início até o final da inspiração. A unidade de medida P_{ImáxS} foi descrita em joules e em unidades de tempo de pressão (PTU).

Utilizando esse método Cahalin e colaboradores²⁶ avaliaram 120 indivíduos de 20 a 79 anos e elaboraram duas fórmulas preditivas da P_{ImáxS}, uma para o gênero masculino e outra para o gênero feminino, onde se constatou um grau de associação da P_{ImáxS} com as variáveis estatura, massa corporal, idade e etnia para o gênero masculino e da P_{ImáxS} com a idade para o gênero feminino; e apresentando um r² variando de 0,12 a 0,57.

Já em nosso estudo, apresentamos uma única fórmula preditiva para a PImáxS, que foi corrigida pela idade e gênero, e nosso r^2 foi de 0,26 aproximadamente, valor dentro da variação encontrada no estudo anterior²⁹. O presente estudo também apontou que houve um aumento da PImáxS paralelamente ao aumento da PImáx, estatura, massa corporal e NCR, já em relação à idade observamos que quanto mais jovem o indivíduo maior será a PImáxS.

A análise dos resultados de força muscular respiratória em relação à idade na literatura mostra que a força reduz de forma acentuada com o avançar da idade; já em nosso estudo, analisando a RMI e a idade, observamos uma redução menos evidente com a senescência. O que já esperávamos, pois o diafragma, principal músculo inspiratório, apresenta uma composição de aproximadamente 55% de fibras musculares oxidativas aeróbicas (tipo I) altamente resistentes a fadiga³⁰, e no processo de envelhecimento ocorrem perdas naturais das capacidades físicas como a perda de força, de flexibilidade, de velocidade, além da redução na massa muscular (sarcopenia), devido, sobretudo, ao acometimento das fibras do tipo II, esta responsável pela geração de força¹⁷.

Em relação à tolerância do teste, cabe ressaltar que o tempo máximo tolerado depende: da motivação, das sensações desagradáveis e do próprio desempenho muscular⁷. No presente estudo, tivemos a cautela de inserir frases padronizadas de estímulos para minimizar a influência da motivação no resultado do teste. Entretanto, os indivíduos que participaram de nosso estudo, relataram um incômodo com o acúmulo de saliva durante o teste, porém afirmaram que não foi um motivo para interrupção do teste. Sendo assim, corroborando com a literatura, acreditamos que o teste incremental parece apresentar uma melhor padronização e ser bem mais tolerável e reprodutível^{7,15}.

Além disso, foram observados valores dentro dos limites de concordância na verificação do poder de previsão da equação com a amostra teste, sendo observado somente dois *outliers* (Figura 2). Após a verificação dos dados desses dois indivíduos selecionados de forma cega, pudemos constatar que estes apresentaram valores espirométrico e de força, também acima do previsto, fato que pode justificar o melhor desempenho frente à amostra estudada.

Corroborando com Sales e colaboradores²⁷ na literatura há distintas metodologias de testes, dificultando seu uso e comparações de resultados. Ressaltando que é de suma importância essa padronização dos testes de resistência muscular respiratória para avaliação clínica e futuras comparações, os quais podem garantir um resultado mais sensível desta avaliação.

Limitações

Pelos nossos achados podemos sugerir a utilização da equação preditiva e do equipamento Powerbreathe[®] K3 para a realização do teste de RMI, porém algumas limitações podem ser consideradas como: a possibilidade de utilizar um bucal com coletor de saliva para minimizar o desconforto dos indivíduos durante a realização do teste, e a possibilidade de coletar um número maior de indivíduos com idade mais avançada. Tais limitações devem ser consideradas para o aperfeiçoamento da metodologia em estudos futuros.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados observados, concluímos que houve maiores valores da RMI paralelamente ao aumento da força muscular inspiratória, estatura e massa corporal; e a RMI reduziu com o avançar da idade, porém ela não foi associada com o IMC. O equipamento de carga externa resistiva a fluxo com válvula eletrônica, torna viável a avaliação da resistência dos músculos inspiratórios de indivíduos saudáveis, e a escolha pelo teste incremental e a metodologia utilizada no presente estudo podem contribuir nas avaliações clínicas de pacientes. Além do que, a utilização da equação preditiva, proposta neste estudo, colabora para um melhor entendimento da P_{ImáxS} e proporciona uma melhor interpretação sobre os valores de resistência dos músculos inspiratórios. Desta forma, pode auxiliar no diagnóstico funcional fisioterapêutico em relação à resistência da musculatura inspiratória e consequentemente proporcionar uma análise mais detalhada dos resultados de um programa de tratamento ou propiciar um treinamento mais individualizado e específico.

REFERÊNCIAS

1. American Thoracic Society/European Respiratory Society (ATS/ERS). Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166(4):518-624.
2. Alves LA, Brunetto AF. Adaptação do Threshold[®] IMT para teste de resistência dos músculos inspiratórios. *Rev. Bras. Fisioter.* 2006;10(1):105-112.
3. Leith DE, Bradley M. Ventilatory muscle strength and endurance training. *J Appl Physiol.* 1976;41(4):508-516.
4. Verges S, Boutellier U, Spengler CM. Effect of respiratory muscle endurance training on respiratory sensations, respiratory control and exercise performance: a 15 year experience. *Respir Physiol Neurobiol.* 2008;161(1):16-22.
5. Nickerson BG, Keens TG. Measuring ventilatory muscle endurance in humans as sustainable inspiratory pressure. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1982;52(3):768-772.
6. Cahalin LP, Arena R. Novel methods of inspiratory muscle training via the Test of Incremental Respiratory Endurance (TIRE). *Exerc Sport Sci Rev.* 2015;43(2):84-92.
7. Martyn JB, Moreno RH, Paré PD, Pardy RL. Measurement of inspiratory muscle performance with incremental threshold loading. *Am Rev Respir Dis.* 1987;135(4):919-23.
8. Costa CM. Programas de exercícios respiratórios com carga inspiratória no pós-operatório de cirurgia bariátrica: um ensaio clínico randomizado cego. 2015. Dissertation (Master in Physiotherapy) – Universidade Metodista de Piracicaba, São Paulo, Brazil. 2015.
9. McElvaney G, Fairbairn MS, Wilcox PG, Pardy RL. Comparison of two-minute incremental threshold loading and maximal loading as measures of respiratory muscle endurance. *Chest.* 1989;96(3):557-563.
10. Eastwood PR, Hillman DR, Finucane KE. Ventilatory responses to inspiratory threshold loading and role of muscle fatigue in task failure. *J. Appl. Physiol.* 1994;76(1):185-95.
11. Eastwood PR, Hillman DR, Morton AR, Finucane KE. The effects of learning on the ventilatory responses to inspiratory threshold loading. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1998;158(4):1190-1196.
12. Eastwood PR, Hillman DR, Finucane KE. Inspiratory muscle performance in endurance athletes and sedentary subjects. *Respirology.* 2001;6(2):95-104.
13. Dall'Ago P, Chiappa GRS, Guths H, Stein R, Ribeiro JP. Inspiratory muscle training in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness: a randomized trial. *J Am Coll Cardiol.* 2006;47(4):757-763.
14. Neves LMT, Karsten M, Neves VR, Beltrame T, Borghi-Silva A, Catai AM. Relationship between inspiratory muscle capacity and peak exercise tolerance in post-myocardial infarction patients. *Heart Lung.* 2012;41(2):137-45.

15. Basso-Vanelli RP, Di Lorenzo VAP, Ramalho M, Labadessa IG, Regueiro EMG, Jamami M, Costa D. Reproducibility of inspiratory muscle endurance testing using PowerBreathe for COPD patients. *Physiother Res Int*. 2017;23(1):1-6.
16. Hill K, Jenkins SC, Philippe DL, Shepherd KL, Hillman DR, Eastwood PR. Comparison of incremental and constant load tests of inspiratory muscle endurance in COPD. *Eur Respir J*. 2007;30(3):479–486.
17. Zanella AL, Moreira LR, Marinho PS, Salgueiro RS, Mazini-Filho ML, Fonseca LG, Matos DG. Human aging process. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício*. 2010;9(2):100-106.
18. Cardoso AF. Particularidades dos Idosos: uma Revisão sobre fisiologia do envelhecimento. *Revista digital - Buenos Aires*. 2009;13(130):1-1.
19. Ruivo S, Viana P, Martins C, Baeta C. Efeito do envelhecimento cronológico na função pulmonar. Comparação da função respiratória entre adultos e idosos saudáveis. *Revista Portuguesa de Pneumologia*. 2009;15(4):629-47.
20. Tramont CVV, Faria ACD, Lopes AJ, Jansen JM, Melo PL. Influence of the ageing process on the resistive and reactive properties of the respiratory system. *Clinics*. 2009;64(11):1065-73.
21. Costa D, Gonçalves HA, Lima LP, Ike D, Cancelliero KM, Montebelo MIL. Novos valores de referência para pressões respiratórias máximas na população brasileira. *J Bras Pneumol*. 2010; 36 (3): 306-312.
22. American Thoracic Society/European Respiratory Society. (ATS/ERS). Task Force: Standardisation of lung function testing. Standardisation of Spirometry. *Eur Respir*. 2005;26:319-38.
23. Pereira, C.A.C. Directives for pulmonary function tests. *J Pneumol*. 2002;18(3):1-82.
24. Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am. Rev. Respir. Dis*. 1969;32(5):696-702.
25. Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests, II: maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med and Biol Res*. 1999; 32(6):719-727.
26. Bartlett JE, Kotrlik JW, Higgins CC. Organizational research: determining appropriate sample size in survey research. *Information Technology, Learning, and Performance Journal*. 2001;19(1):43-50.
27. Sales ATN, Fregonezi GAF, Ramsook AH, Guenette JA, Lima INDF, Reid WD. Respiratory muscle endurance after training in athletes and non-athletes: A systematic review and meta-analysis. *Phys Ther Sport*. 2016;17:76-86.
28. Formiga MF, Roach KE, Vital I, et al. Reliability and validity of the test of incremental respiratory endurance measures of inspiratory muscle performance in COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2018;13:1569–1576.

29. Cahalin LP, Garcia C, Denis T, Colas-Salgado S, Eisenhardt B, Formiga MF, Cohen M. Normative values for the test of incremental respiratory endurance (TIRE) (abstract). *Am J Respir Crit Care Med*, 2016;193.
30. Anraku M, Shargall Y. Surgical Conditions of the Diaphragm: Anatomy and Physiology. *Thoracic Surgery Clinics*. 2009;19(4):419-29.

*Considerações finais e
Desdobramentos futuros*

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESDOBRAMENTOS FUTUROS

A avaliação da resistência muscular respiratória é uma das diversas formas de avaliação que norteia o fisioterapeuta em um tratamento mais acurado, no que diz respeito à musculatura respiratória. Na literatura há distintas metodologias de avaliação, além de serem utilizados para este fim diversos equipamentos, desde o mais sofisticado aos mais acessíveis, todos com seus pontos positivos e negativos em relação à aplicabilidade clínica, custo, venda no mercado, adaptações, técnica de execução, higienização e resultados produzidos.

Após a leitura e análise da literatura encontrada sobre o assunto abordado, todas as etapas descritas nesta tese e tendo em vista os objetivos estabelecidos a priori, foi possível elaborar dois artigos, descritos como Estudo I e Estudo II. A partir dos quais, após as análises dos resultados, pudemos concluir que a avaliação da RMI realizada por meio do teste incremental, proposto neste estudo, foi confiável para indivíduos saudáveis e é necessário apenas um teste para avaliar a PImáxS, pois não foi observado efeito aprendizagem.

Constatamos, também, que houve maiores valores da RMI paralelamente ao aumento da força muscular inspiratória, estatura e massa corporal; e a RMI reduziu com o avançar da idade, porém ela não foi associada com o IMC. Outrossim, concluímos que o equipamento de carga externa resistiva a fluxo com válvula eletrônica, torna viável a avaliação da resistência dos músculos inspiratórios de indivíduos saudáveis, e a escolha pelo teste incremental e a metodologia utilizada no presente estudo pode contribuir nas avaliações clínicas.

Além do que, a utilização da equação preditiva, proposta neste estudo, colabora para um melhor entendimento da PImáxS e proporciona uma melhor interpretação sobre os valores de resistência dos músculos inspiratórios. Desta forma, pode auxiliar no diagnóstico funcional fisioterapêutico em relação à resistência da musculatura inspiratória e conseqüentemente proporcionar uma análise mais detalhada dos resultados de um programa de tratamento ou propiciar um treinamento mais individualizado e específico.

Em suma, a utilização desta metodologia de avaliação da RMI possibilita produzir achados de relevância clínica e científica, tanto pela sua aplicabilidade na prática clínica, pois utiliza um equipamento acessível no mercado, de fácil execução e pode ser até mesmo adaptado em vários ambientes, desde o âmbito hospitalar até o domiciliar, pois se trata de um equipamento portátil, pequeno e de fácil higienização; quanto pelos achados até então não divulgados na literatura sobre o tema.

Como desdobramentos futuros nos parece adequado a realização de um estudo sobre a análise do ponto de corte para a RMI em indivíduos saudáveis, mensurada por meio da PImáxS descrita nesta tese. A fim de esclarecer um limite inferior de normalidade, ou seja, um valor que indique uma possível redução da RMI. Podemos também ressaltar a necessidade de mais investigações a respeito da avaliação da RMI para verificar que patologias ou condições afetam mais a resistência dos músculos respiratórios, assim como otimizar a elaboração de protocolos e/ou estratégias de tratamentos desta musculatura em específico

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, L.A.; BRUNETTO, A.F. Adaptação do Threshold[®] IMT para teste de resistência dos músculos inspiratórios. *Rev. Bras. Fisioter.*, v. 10, n. 1, p. 105-112, 2006.
- ANRAKU, M.; SHARGALL, Y. Surgical conditions of the diaphragm: anatomy and physiology. *Thoracic Surgery Clinics*, v. 19, n. 4, p. 419–429, 2009.
- AMERICAN THORACIC SOCIETY, EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY (ATS\ERS). Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med*, v. 166, n. 4, p. 518-624, 2002.
- AMERICAN THORACIC SOCIETY, EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY(ATS\ERS). Task Force: Standardisation of lung function testing. Standardisation of Spirometry. *EurRespir J*, v. 26, p. 319-38, 2005.
- BASSO-VANELLI, R.P.; DI LORENZO, V.A.P.; RAMALHO, M.; LABADESSA, I.G.; REGUEIRO, E.M.G.; JAMAMI, M.; COSTA, D. Reproducibility of inspiratory muscle endurance testing using PowerBreathe for COPD patients. *Physiother Res Int.*, v. 23, n. 1, p. 1-6, 2017.
- BLACK, L.F.; HYATT, R.E. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am. Rev. Respir. Dis.*, v. 32, n. 5, p. 696-702, 1969.
- CAHALIN, L.P.; ARENA, R. Novel methods of inspiratory muscle training via the Test of Incremental Respiratory Endurance (TIRE). *Exerc Sport Sci Rev.*, v. 43, n. 2, p. 84-92, 2015.
- CAHALIN, L.P.; GARCIA, C.; DENIS, T.; COLAS-SALGADO, S.; EISENHARDT, B.; FORMIGA, M.F.; COHEN, M. Normative values for the test of incremental respiratory endurance (TIRE). In: American Thoracic Society (*Am J Respir Crit Care Med*), 2016 (resumo).
- CAMELO JÚNIOR, J.S.; TERRA FILHO, J.; MANÇO, J.C. Pressões respiratórias máximas em adultos normais. *J Pneumol*, v. 11, n. 4, p. 181-4, 1985.
- CARDOSO, A.F. Particularidades dos idosos: uma revisão sobre fisiologia do envelhecimento. *Revista Digital - Buenos Aires*, v. 13, n. 130, p. 1-1, 2009.
- COSTA, D.; GONÇALVES, H.A.; LIMA, L.P.; IKE, D.; CANCELLIERO, K.M.; MONTEBELO, M.I.L. Novos valores de referência para pressões respiratórias máximas na população brasileira. *J Bras Pneumol*, v. 36, n. 3, p. 306-312, 2010.
- COSTA CM. Programas de exercícios respiratórios com carga inspiratória no pós-operatório de cirurgia bariátrica: um ensaio clínico randomizado cego. 2015. Dissertação (Mestrado em Fisioterapia) – Universidade Metodista de Piracicaba, São Paulo. 2015.
- DALL’AGO, P.; CHIAPPA, G.R.S.; GUTHS, H.; STEIN, R.; RIBEIRO, J.P. Inspiratory muscle training in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness: a randomized trial. *J Am Coll Cardiol*, v. 47, p. 757–763, 2006.

EASTWOOD, P.R.; HILLMAN, D.R.; FINUCANE, K.E. Ventilatory responses to inspiratory threshold loading and role of muscle fatigue in task failure. *J. Appl. Physiol*, v. 76, n. 1, p. 185-95, 1994.

EASTWOOD, P.R.; HILLMAN, D.R.; MORTON, A.R.; FINUCANE, KE. The effects of learning on the ventilatory responses to inspiratory threshold loading. *Am. J. Respir. Crit. Care Med*, v. 158, n. 4, p. 1190-6, 1998.

EASTWOOD, P.R.; HILLMAN, D.R.; FINUCANE, K.E. Inspiratory muscle performance in endurance athletes and sedentary subjects. *Respirology*, v. 6, p. 95–104, 2001.

FIZ, J. A.; ROMERO, P.; GOMEZ, P.; HERNANDEZ, M. C.; RUIZ, J.; IZQUIERDO, J.; COLL, R.; MORERA, J. Indices of respiratory muscle endurance in healthy subjects. *Respiration*, v. 65, p. 21 – 27, 1998.

FORMIGA, M.F.; ROACH, K.E.; VITAL, I.; URDANETA, G.; BALESTRINI, K.; CALDERON-CANDELARIO, R.A.; CAMPOS, M.A.; CAHALIN, L.P. Reliability and validity of the test of incremental respiratory endurance measures of inspiratory muscle performance in COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.*, v. 13, p. 1569–1576, 2018.

GORZONI, M. L.; RUSSO, M. R. O envelhecimento respiratório. In: FREITAS, E. et al. *Tratado de Geriatria e Gerontologia*. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p. 596-599.

HILL, K.; JENKINS, S.C.; PHILIPPE, D.L.; SHEPHERD, K.L.; HILLMAN, D.R.; EASTWOOD, P.R. Comparison of incremental and constant load tests of inspiratory muscle endurance in COPD. *Eur Respir J*, v. 30, p. 479–486, 2007.

KOCJAN, J.; ADAMEK, M.; GZIK-ZROSKA, B.; CZYŻEWSKI, D.; RYDEL, M. Network of breathing. Multifunctional role of the diaphragm: a review. *Advances in Respiratory Medicine*, [s. l.], v. 85, n. 4, p. 224–232, 2017.

LARSON, J.L.; COVEY, M.K.; BERRY, J.; WIRTZ, S.; ALEX, C.G.; MATSUO, M. Discontinuous incremental threshold loading test: measure of respiratory muscle endurance in patients with COPD. *Chest*, v. 115, n. 1, p. 60-7, 1999.

LEITH, D.E.; BRADLEY, M. Ventilatory muscle strength and endurance training. *The Journal of Applied Physiology*, v. 41, p. 508-516, 1976.

MARTYN, J.B.; MORENO, R.H, PARÉ, P.D.; PARDY, R.L. Measurement of inspiratory muscle performance with incremental threshold loading. *Am Rev Respir Dis*, v. 135, n. 4, p. 919-23, 1987.

MCELVANEY, G.; FAIRBARN, M.S.; WILCOX, P.G.; PARDY, R.L. Comparison of two-minute incremental threshold loading and maximal loading as measures of respiratory muscle endurance. *Chest*, v. 96, p. 557-563, 1989.

NEDER, J.A.; ANDREONI, S.; LERARIO, M.C.; NERY, L.E. Reference values for lung function tests, II: maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med and Biol Res*, v.;32, n. 6, p. 719-27, 1999.

- NEPOMUCENO JÚNIOR, B.R.V.; GÓMEZ, T.B.; GOMES NETO, M. Use of Powerbreathe® in inspiratory muscle training for athletes: systematic review. *Fisioter Mov*, v. 29, n. 4, p. 821-30, 2016.
- NEVES, L.M.T.; KARSTEN, M.; NEVES, V.R.; BELTRAME, T.; BORGHI-SILVA, A.; CATAI, A.M. Relationship between inspiratory muscle capacity and peak exercise tolerance in post-myocardial infarction patients. *Heart Lung*., v. 41, n. 2, p.137-45, 2012.
- NICKERSON, B.G.; KEENS, T.G. Measuring ventilatory muscle endurance in humans as sustainable inspiratory pressure. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, v. 52, p. 768-772, 1982.
- PEREIRA, C.A.C. Directives for pulmonary function tests. *J Pneumol*, v. 28, n. 3, p. 1-82, 2002.
- RUIVO, S.; VIANA, P.; MARTINS, C.; BAETA, C. Efeito do envelhecimento cronológico na função pulmonar. Comparação da função respiratória entre adultos e idosos saudáveis. *Revista Portuguesa de Pneumologia*, v. 15, n. 4, p. 629-47, 2009.
- SALES, A.T.N.; FREGONEZI, G.A.F.; RAMSOOK, A.H.; GUENETTE, J.A.; LIMA, I.N.D.F.; REID, W.D. Respiratory muscle endurance after training in athletes and non-athletes: A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*, v. 17, p. 76-86, 2016.
- SOBUSH, D.C.; DUNNING, M. Assessing maximal static ventilatory muscle pressures using the “bugle” dynamometer. *Physical Therapy*, v, 64, n. 11, p. 1689-90, 1984.
- TRAMONT, C.V.V.; FARIA, A.C.D.; LOPES, A.J.; JANSEN, J.M.; MELO, P.L. Influence of the ageing process on the resistive and reactive properties of the respiratory system. *Clinics*, v. 64, n. 11, p. 1065-73, 2009.
- VERGES, S.; BOUTELLIER, U.; SPENGLER, C.M. Effect of respiratory muscle endurance training on respiratory sensations, respiratory control and exercise performance: a 15 year experience. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, v. 161, p. 16-22, 2008.
- WELCH, J. F.; ARCHIZA, B.; GUENETTE, J.A.; WEST, C.R.; SHEEL, A.W. Sex differences in diaphragmatic fatigue: the cardiovascular response to inspiratory resistance. *The Journal of Physiology*, [s. l.], p. 1–16, 2018.
- WOSZEZENKI, C. T.; HEINZMANN-FILHO, J. P.; VENDRUSCULO, F. M.; PIVA, T. C.; LEVICES, I.; DONADIO, M. V. F. Reference values for inspiratory muscle endurance in healthy children and Adolescents. *Plos One*, p. 1-12, 2017.
- ZANELLA, A. L.; MOREIRA, L.R.; MARINHO, P.S.; SALGUEIRO, R.S.; MAZINI-FILHO, M.L.; FONSECA, L.G.; MATOS, D.G. Human aging process. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício*., v. 9, n. 2, p. 100-106, 2010.

APÊNDICE 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O(a) senhor(a) está sendo convidado(a) a participar do estudo “Novo teste de resistência muscular respiratória e equações de referência para indivíduos saudáveis”.

OBJETIVO DO ESTUDO: Estabelecer uma nova metodologia de avaliação para a resistência muscular respiratória e propor equação(ões) preditiva(s) baseada em indivíduos saudáveis.

EXPLICAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS:

Estou sendo convidado(a) a participar do projeto de pesquisa em questão, e é de meu conhecimento que este projeto será desenvolvido em caráter de pesquisa científica e tenho pleno conhecimento da justificativa, objetivos e benefícios esperados e dos procedimentos a serem executados, bem como da possibilidade de receber esclarecimentos sempre que considerar necessário.

Estou ciente de que serei submetido a uma avaliação clínica que constará de exame físico, avaliação antropométrica, avaliação dos volumes e capacidades pulmonares, avaliação da força e da resistência muscular respiratória, sendo que estas avaliações serão realizadas num único dia.

1. No exame físico serão feitas algumas perguntas e será aferida a pressão arterial sistêmica, saturação periférica de oxigênio, frequência cardíaca, frequência respiratória e ausculta cardíaca e pulmonar.
2. A avaliação antropométrica será feita através da medida do peso e altura em uma balança presente no próprio local de avaliação.
3. Os testes dos volumes e capacidades pulmonares serão feitos por meio de manobras de puxar e soltar o ar em um equipamento conectado a um computador que registrarão os dados desta avaliação.
4. No teste de força muscular respiratória será necessário puxar e soltar o ar forte e segura-lo por pelo menos 1 segundo, através de um bocal descartável que estará conectado ao equipamento, e serão pedidos de três a cinco manobras de cada uma daquelas.
5. E no teste de resistência dos músculos respiratórios será pedido que puxe o ar profundamente e rapidamente posteriormente soltar o ar de forma lenta, porém será colocado um aparelho que dificultará a minha inspiração.

POSSÍVEIS RISCOS:

Fui esclarecido(a) de que estes exames não oferecem riscos ou complicações para a saúde, sendo os riscos nestes casos menores que o mínimo especificado na resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde. Também fui orientado(a) sobre os desconfortos que poderão ocorrer como a falta de ar à medida que aumenta a intensidade do esforço no teste de resistência muscular respiratória, e durante a avaliação respiratória, com a necessidade de realização de respiração profunda e sucessiva poderei ter uma sensação de vertigem em função da acidose respiratória; nestes casos a avaliação será interrompida e serei monitorizado(a) até minha completa recuperação.

POSSÍVEIS BENEFÍCIOS

Fui informado(a) que serei acompanhado(a) a todo momento pelo pesquisador, que realizará todas as avaliações descritas acima. Portanto, os benefícios que terei com o estudo será a verificação de medidas corporais e da função muscular respiratória, e esse

conhecimento fornece uma melhor compreensão sobre as minhas condições de saúde e caso seja observada alguma anormalidade receberei orientações adequadas.

Estou ciente ainda que, será mantido sigilo quanto à identificação de minha pessoa e zelo de minha privacidade. Ao mesmo tempo assumo o compromisso de retornar para avaliações caso tenha necessidade e seguir as recomendações estabelecidas pelos pesquisadores. Também concordo que os dados obtidos ou quaisquer informações permaneçam como propriedade exclusiva dos pesquisadores. Dou pleno direito da utilização desses dados e informações para uso no ensino, pesquisa e divulgação em periódicos científicos.

Eu li e entendi todas as informações contidas neste documento, assim como as da Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

Informações gerais

- Você tem o direito de solicitar qualquer esclarecimento à pesquisadora, a qualquer momento;
- A sua participação pode ser interrompida a qualquer momento, sem que isto lhe traga qualquer penalidade;
- Os procedimentos desta pesquisa estão de acordo com as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos atendendo à Resolução nº 466 de 2012, do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde – Brasília/DF;
- A pesquisa não revelará a sua identidade. Os resultados obtidos neste estudo serão divulgados exclusivamente para fins acadêmicos;
- A participação no estudo é voluntária, portanto, não será paga nenhuma quantia, da mesma forma, não trará nenhum gasto financeiro ao voluntário;
- Na eventualidade de qualquer dano, os pesquisadores asseguram o tratamento integral da voluntária sem nenhum custo financeiro.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE, APÓS ESCLARECIMENTO

Eu _____, nascido em ___/___/___, residente na _____, nº _____, Bairro _____, CEP _____, Cidade _____, fone(____) _____, RGn° _____, CPFn° _____, abaixo assinado, concordo voluntariamente em participar do projeto de pesquisa acima mencionado.

 Pesquisadora: Carolina Moraes da Costa Munno
 Fone: (16) 99727-5583
 E-mail: cmcmfisio@gmail.com

 Prof. responsável: Maurício Jamami
 Fone: (16) 3351-8343
 E-mail: jamami@ufscar.br

_____ de _____ de 20__.

 Assinatura do(a) voluntário(a)

APÊNDICE 2



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA
Laboratório de Espirometria e Fisioterapia Respiratória
Rodovia Washington Luiz, km 235 – C.P. 676 – CEP 13565-905 São Carlos-SP

São Carlos, 07 de julho de 2017

Carta de Solicitação para início da Coleta de Dados

Prezada Prof^a Dr^a Laura Maria Tomazi Neves da instituição de ensino UFPA (Universidade Federal do Pará).

Vimos através desta, solicitar autorização para o desenvolvimento do projeto de doutorado intitulado “Novo teste de resistência muscular respiratória e equações de referência para indivíduos saudáveis”, para o início da coleta de dados prevista para começar em outubro, com duração máxima de 2 meses nesta. Informamos que não haverá custos relacionados com a aluna, como: passagem, transporte, hospedagem e alimentação; na medida do possível, não iremos interferir na operacionalização e/ou nas atividades cotidianas desta universidade. Esclarecemos que tal autorização é uma pré-condição ética para a execução da coleta de dados, em consonância com a resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

Informamos que após a qualificação da aluna, houveram algumas modificações no projeto sugeridas pela banca examinadora, uma destas alterações foi o título do projeto, porém a essência do projeto continua a mesma.

Agradecemos antecipadamente seu apoio e compreensão, certos de sua colaboração para o desenvolvimento do projeto em anexo.

Atenciosamente,

Professor orientador: Maurício Jamami

Aluna: Carolina Moraes da Costa Munno

APÊNDICE 3



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA
Laboratório de Espirometria e Fisioterapia Respiratória
Rodovia Washington Luiz, km 235 – C.P. 676 – CEP 13565-905 São Carlos-SP

São Carlos, 16 de fevereiro de 2017

Carta de Solicitação para início da Coleta de Dados

Prezado Sr. Diretor Lourenço Damata da instituição de ensino FATECI (Faculdade de Tecnologia Intensiva).

Vimos através desta, solicitar autorização para o desenvolvimento do projeto de doutorado intitulado “Novo teste de resistência muscular respiratória e equações de referência para indivíduos saudáveis”, para o início da coleta de dados prevista para começar em agosto, com duração máxima de 3 meses nesta. Informamos que não haverá custos relacionados com a aluna, como: passagem, transporte, hospedagem e alimentação; na medida do possível, não iremos interferir na operacionalização e/ou nas atividades cotidianas desta faculdade. Esclarecemos que tal autorização é uma pré-condição ética para a execução da coleta de dados, em consonância com a resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

Informamos que após a qualificação da aluna, houveram algumas modificações sugeridas pela banca examinadora, uma destas alterações foi o título do projeto, porém a essência do projeto continua a mesma.

Agradecemos antecipadamente seu apoio e compreensão, certos de sua colaboração para o desenvolvimento do projeto em anexo.

Atenciosamente,

Professor orientador: Maurício Jamami

Aluna: Carolina Moraes da Costa Munno

APÊNDICE 4

FICHA DE AVALIAÇÃO

Nome: _____ ID: _____

Data de nascimento: ____/____/____ Idade: _____ anos Data: ____/____/____

1. Fumante?

Sim Não

2. Teve alguma infecção nas duas últimas semanas?

Sim Não

3. Sente algum sintoma respiratório como:

Não Dispneia Tosse Secreção Outros: _____

4. Apresenta alguma comorbidade?

Diabete Mellitus

Hipertensão Arterial Sistêmica

Dislipidemia

Doença Cardíaca (uso de marca-passo)

Doença pulmonar (asma, DPOC, ...)

Doença Neurológica

Problema no tímpano

Outras: _____

SINAIS VITAIS

Inicial: FC: ____ bpm FR: ____ irpm PA: ____x____ mmHg SpO₂: ____%

Final: FC: ____ bpm FR: ____ irpm PA: ____x____ mmHg SpO₂: ____%

Ausculata Cardíaca: _____

Ausculata Pulmonar: _____

AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA

Peso: _____ Kg Altura: _____ m IMC: _____ Kg/m²

AVALIAÇÃO DOS VOLUMES E CAPACIDADES PULMONARES

CVL (obtido): _____ CVL (% previsto): _____

CVF (obtido): _____ CVF (% previsto): _____

VEF1 (obtido): _____ VEF1 (% previsto): _____

VEF1/CVF: _____ PFE(obtido/%previsto): _____

AVALIAÇÃO DA FORÇA MUSCULAR RESPIRATÓRIA

PI _{máx}					
PE _{máx}					

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DOS MÚSCULOS RESPIRATÓRIOS

1º Teste

Hora: ____:____ **Data:** __/__/____

Inicial: FC: ____ bpm FR: ____ irpm PA: ____x____mmHg SpO₂: ____%

Final: FC: ____ bpm FR: ____ irpm PA: ____x____mmHg SpO₂: ____%

Ausculata Cardíaca: _____

Ausculata Pulmonar: _____

Estágios (cmH ₂ O)	Borg (dispneia/fadiga)	FC (bpm)	SpO ₂ (%)	Ciclos respiratórios ao fim da etapa
1º -				
2º -				
3º -				
4º -				
5º -				
6º -				
7º -				
8º -				

Observações:

No início do teste	Durante o teste (15 respirações)	Ao finalizar cada etapa	Ao término do teste
“Agora iniciará o teste, puxe todo o ar com força e solte o ar lentamente”	“Você está indo muito bem, continue assim!”	“Na próxima etapa do teste a dificuldade de puxar o ar será um pouco maior”	“Parabéns! Você terminou seu teste”

2º Teste - após 24 horas

Hora: ____:____ **Data:** __/__/____

Inicial: FC: ____ bpm FR: ____ irpm PA: ____x____mmHg SpO₂: ____%

Final: FC: ____ bpm FR: ____ irpm PA: ____x____mmHg SpO₂: ____%

Ausculta Cardíaca: _____

Ausculta Pulmonar: _____

Estágios (cmH₂O)	Borg (dispneia/fadiga)	FC (bpm)	SpO₂ (%)	Ciclos respiratórios ao fim da etapa
1º -				
2º -				
3º -				
4º -				
5º -				
6º -				
7º -				
8º -				

Observações:

No início do teste	Durante o teste (15 respirações)	Ao finalizar cada etapa	Ao término do teste
“Agora iniciará o teste, puxe todo o ar com força e solte o ar lentamente”	“Você está indo muito bem, continue assim!”	“Na próxima etapa do teste a dificuldade de puxar o ar será um pouco maior”	“Parabéns! Você terminou seu teste”

ANEXO 1

UFSCAR - UNIVERSIDADE
FEDERAL DE SÃO CARLOS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA MUSCULAR RESPIRATÓRIA E SUA VINCULAÇÃO COM A IDADE, MASSA CORPORAL E CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS.

Pesquisador: Carolina Munno

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 61042716.7.1001.5504

Instituição Proponente: Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia - PPGFT

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.834.275

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um estudo transversal observacional que será desenvolvido no laboratório de espirometria e fisioterapia respiratória em parceria com outras duas instituições, onde serão avaliados 540 indivíduos de ambos os gêneros, com o IMC $18,5 \text{ kg/m}^2$ e $< 40 \text{ kg/m}^2$, com idade de 20 a 80 anos, não tabagista, com estilo de vida sedentário. Tem como desfecho primário a avaliação da resistência dos músculos respiratórios.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo primário deste estudo é avaliar prováveis relações da idade, peso e características antropométricas com a resistência muscular respiratória, além de desenvolver equação(ões) preditiva(s) para a resistência muscular respiratória de indivíduos sedentários. Como objetivos secundários: Analisar a confiabilidade de resistência muscular respiratória das medidas Intra-avaliador; Validar o teste de resistência muscular respiratória; Avaliar a influência da idade na resistência muscular respiratória; Analisar a influência do ganho ponderal na resistência muscular respiratória; Verificar a influência das características antropométricas na resistência muscular respiratória; Averiguar a correlação dos valores de resistência muscular respiratória avaliada pelo equipamento de carga de limiar pressórico e pela espirometria

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

CEP: 13.565-905

UF: SP

Município: SÃO CARLOS

Telefone: (16)3351-0663

E-mail: cephumanos@ufscar.br

UFSCAR - UNIVERSIDADE
FEDERAL DE SÃO CARLOS



Continuação do Parecer: 1.034.275

- ventilação voluntária máxima (VVM): Desenvolver equação(ões) preditiva(s) para a resistência muscular respiratória de indivíduos sedentários, levando em consideração a idade e características antropométricas.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O pesquisador descreve que "o estudo não apresenta riscos importantes aos voluntários, uma vez que os procedimentos propostos fazem parte da fisioterapia respiratória e são fundamentadas pela literatura. Durante a avaliação respiratória, com a necessidade de realização de respirações profundas e sucessivas, os voluntários podem ter sensação de vertigem em função da acidose respiratória; nestes casos a avaliação será interrompida e o voluntário monitorizado até sua completa recuperação." Descreve como benefícios que o estudo poderá "contribuir com a investigação de recursos para avaliação da resistência muscular respiratória, a fim de colaborar para o melhor entendimento sobre esta variável, proporcionar uma interpretação dos resultados para indivíduos saudáveis, e propor através de equação preditiva, um valor de referência para esta população. Desta forma, pode-se auxiliar na elaboração de um diagnóstico funcional fisioterapêutico em relação à musculatura respiratória e conseqüentemente proporcionar um programa de tratamento mais individualizado e específico."

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de uma pesquisa com relevância científica respeitando os preceitos éticos estabelecidos pela Resolução CNS 466/2012 e suas complementares.No cronograma está previsto o início das coletas para maio de 2017. As declarações de parcerias com as Instituições foram apresentadas adequadamente.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Folha de rosto e TCLE estão de acordo com a Resolução nº466/2012.O pesquisador adequou o TCLE de acordo com as recomendações.

Recomendações:

Nada a declarar.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Projeto aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) em Seres Humanos recomenda que os pesquisadores responsáveis consultem as normas do CEP e a resolução nº 466 de 2012, disponíveis na página da Plataforma Brasil em caso de dúvidas.

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235
Bairro: JARDIM GUANABARA CEP: 13.565-905
UF: SP Município: SÃO CARLOS
Telefone: (16)3351-0883 E-mail: cephumanos@ufscar.br

UFSCAR - UNIVERSIDADE
FEDERAL DE SÃO CARLOS



Continuação do Parecer: 1.034.375

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_P PROJETO_753951.pdf	07/11/2016 15:06:41		Acelto
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_CEP.pdf	07/11/2016 15:05:53	Carolina Munno	Acelto
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_CEP.pdf	07/11/2016 15:04:59	Carolina Munno	Acelto
Outros	ParceriaUFPA.pdf	03/10/2016 15:44:08	Carolina Munno	Acelto
Outros	ParceriaFATECI.pdf	29/09/2016 18:57:41	Carolina Munno	Acelto
Folha de Rosto	Folhaderosto.pdf	29/09/2016 16:57:38	Carolina Munno	Acelto

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SÃO CARLOS, 22 de Novembro de 2016

Assinado por:
Priscilla Hortense
(Coordenador)

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235

Bairro: JARDIM GUANABARA

CEP: 13.565-905

UF: SP

Município: SÃO CARLOS

Telefone: (16)3351-9883

E-mail: cephumanos@ufscar.br

ANEXO 2

AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE ATIVIDADE FÍSICA (IPAQ – Versão curta)

As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física na **ÚLTIMA** semana. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são **MUITO** importantes. Por favor, responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação!

Para responder as questões lembre que:

- atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar **MUITO** mais forte que o normal
- atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar **UM POUCO** mais forte que o normal

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza **por pelo menos 10 minutos contínuos** de cada vez:

1a Em quantos dias da última semana você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

Dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

1b Nos dias em que você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou caminhando **por dia**?

Horas: _____ Minutos: _____

2a. Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **MODERADAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar **moderadamente** sua respiração ou batimentos do coração (**POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA**):

Dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

2b. Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**?

Horas: _____ Minutos: _____

3a Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **VIGOROSAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar **MUITO** sua respiração ou batimentos do coração.

Dias _____ por **SEMANA** () Nenhum

3b Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**?

Horas: _____ Minutos: _____

Estas últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado todo dia, no trabalho, na escola ou faculdade, em casa e durante seu tempo livre. Isto inclui o tempo sentado estudando, sentado enquanto descansa, fazendo lição de casa visitando um amigo, lendo, sentado ou deitado assistindo TV, jogando vídeo game, bate-papo na internet e uso do computador para jogar e estudar. Não inclua o tempo gasto sentado durante o transporte em ônibus, trem, metrô ou carro.

4a. Quanto tempo no total você gasta sentado durante um dia de semana?

_____ horas _____ minutos

4b. Quanto tempo no total você gasta sentado durante em um dia de final de semana?

_____ horas _____ minutos

Classificação:

() **Muito ativo**

() **Ativo**

() **Irregularmente ativo A**

() **Irregularmente ativo B**

() **Sedentário**

ANEXO 3

ESCALA DE BORG MODIFICADA – CR10 (DISPNEIA)

0	Nenhuma
0,5	Muito, muito leve
1	Muito leve
2	Leve
3	Moderada
4	Pouco intensa
5	Intensa
6	
7	Muito intensa
8	
9	Muito, muito intensa
10	Máxima

ANEXO 4

09/08/2019

ScholarOne Manuscripts

 The Clinical Respiratory Journal[# Home](#)[# Author](#)[# Review](#)

Submission Confirmation

[Print](#)

Thank you for your submission

Submitted to

The Clinical Respiratory Journal

Manuscript ID

CRJ-OA-08-2019-330

Title

RELIABILITY OF INSPIRATORY MUSCLE ENDURANCE TESTING USING POWERBREATHE® IN HEALTHY SUBJECTS

AuthorsMunno, Carolina
SENTANIN, ANNA CLAUDIA
ARCURI, JULIANO
DI LORENZO, VALÉRIA
Jamami, Mauricio**Date Submitted**

09-Aug-2019

[Author Dashboard](#)

ANEXO 5

09/01/2020

ScholarOne Manuscripts

 Respiratory Care[Home](#)[Author](#)[Review](#)

Submission Confirmation

[Print](#)

Thank you for your submission

Submitted to
Respiratory Care

Manuscript ID
RC-07680

Title
CLINICAL TEST OF INSPIRATORY MUSCLE ENDURANCE: EQUATION AND REFERENCE VALUES FOR HEALTHY INDIVIDUALS

Authors
Munno, Carolina
Sentanin, Anna
Neves, Laura Maria
Marinho, Liégina
Viola, Márcio Luís
BERETA, ESTELA
Jamami, Maurício

Date Submitted
09-Jan-2020

[Author Dashboard](#)