
**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PEDIATRIA E
SAÚDE DA CRIANÇA
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

CRISTHIELE TAÍS WOSZEZENKI

**VALORES DE REFERÊNCIA PARA RESISTÊNCIA MUSCULAR
INSPIRATÓRIA EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES SAUDÁVEIS**

**PORTO ALEGRE,
2016**

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL – PUCRS

FACULDADE DE MEDICINA

PÓS-GRADUAÇÃO EM PEDIATRIA E SAÚDE DA CRIANÇA

**VALORES DE REFERÊNCIA PARA RESISTÊNCIA MUSCULAR INSPIRATÓRIA
EM CRIANÇAS E ADOLESCENTES SAUDÁVEIS**

CRISTHIELE TAÍS WOSZEZENKI

Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Pós-graduação em Medicina /Pediatría e Saúde da Criança da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Saúde da Criança.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Vinícius Fagundes Donadio

Porto Alegre,

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

W935v Woszezenki, Cristhiele Taís

Valores de referência para resistência muscular inspiratória em crianças e adolescente saudáveis / Cristhiele Taís Woszezenki. – Porto Alegre, 2016.
70 f.

Diss. (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Pediatria e Saúde da Criança, Faculdade de Medicina, PUCRS.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Vinicius Fagundes Donadio.

1. Medicina. 2. Pediatria. 3. Músculos Respiratórios. 4. Resistência Física.
5. Valores de Referência. 6. Testes de Função Respiratória. I. Donadio, Márcio Vinicius Fagundes. II. Título.

CDD 616.24075
CDU 612.217
NLM WB 284

Ficha Catalográfica elaborada por Vanessa Pinent
CRB 10/1297

Dedicatória

*Aos meus pais, pelo amor incondicional e pelo
incentivo ao estudo.
A todas as pessoas que participaram da pesquisa e
tornaram este estudo possível.
Todos que de alguma forma, colaboraram com meu
crescimento profissional.*

AGRADECIMENTOS

Não poderia ter chegado aqui sem que eu tivesse oportunidades: oportunidade de entrar no programa de mestrado e oportunidade de cruzar com pessoas que me ajudaram a crescer. Dessa forma, meu primeiro agradecimento é Àquele que criou essas oportunidades e que também me deu saúde para vivenciá-las: Deus.

Quero agradecer à minha família, ao meu pai, Eduardo que me ensinou a lutar para realizar os sonhos e pelos seus ensinamentos. A minha mãe Edite sempre disposta a ajudar, fornecendo conselhos e palavras de conforto nos momentos que mais precisei que me apoiaram e me incentivaram a estudar. Aos meus irmãos Laerson, Cristiane e Darlon que, mesmo estando longe, sempre estiveram muito presentes na minha vida e sempre me deram apoio e suporte. Obrigada por tudo! Vocês são os bens mais preciosos que eu tenho!

Dentre as pessoas que me ajudaram a crescer, a primeira que eu devo citar é meu orientador, Dr. Márcio V. F. Donadio, por me acolher e me inserir no seu seletivo grupo de pesquisa. Um excelente orientador, sempre disponível a ajudar em qualquer momento. Obrigada por tudo, Márcio!

Tenho muito a agradecer ao meu amigo e meu irmão de coração o João Paulo Heinzmann Filho que foi um presente que Deus me deu, pela nossa amizade desde a faculdade até os dias de hoje. Muito obrigada pelo incentivo e apoiou a fazer o mestrado, ao ombro amigo nos momentos difíceis, por torcer por mim e por escutar minhas lamentações, sempre fornecendo palavras de conforto e também agradeço pelos momentos de alegrias que compartilhamos juntos. Com toda a certeza, esta conquista também é sua!

À minha amiga, Giovana dos Santos, pelo carinho e dedicação pela amizade que construímos ao longo dos anos. Agradeço pelos momentos de alegrias que vivemos juntos.

À minha amiga Fernanda Maria Vendrusculo que me ajudou na elaboração do projeto e nas coletas. Obrigada pelo apoio!

Agradeço também aos meus amigos, que sempre preenchem o coração... Letiane, Luciane, Priscila, Aline, Nairana, Joici e Rubia.

À todos os bolsistas de iniciação científica, Débora G. Corrêa, Taila Piva, Isadora Levices. Agradeço por todo o empenho, dedicação e esforço para que pudéssemos obter êxito do projeto.

À secretária do Instituto de Pesquisas Biomédicas e do Programa de Pós-Graduação em Pediatria/Saúde da Criança, Elizângela Melo e Carla Rothmann. Agradeço pelas dicas, informações e auxílios durante o curso e pela ajuda na formatação final desta dissertação.

À todas as escolas, diretoras, professores e alunos que tornaram esta pesquisa possível.

À CAPES, pelo auxílio-pesquisa concedido.

RESUMO

Objetivos: Gerar valores de referência para dois protocolos de resistência muscular inspiratória (RMI) em crianças e adolescentes saudáveis.

Métodos: Estudo observacional, transversal, em crianças e adolescentes saudáveis de 4 a 18 anos. Foram realizadas as mensurações de peso, altura, pressão inspiratória máxima (PIMAX) e RMI, utilizando-se dois protocolos. No protocolo de carga incremental foi utilizada uma carga fixa de 30% da PIMAX com incremento de 10% a cada 2 minutos. Já no protocolo de carga máxima foi utilizada uma carga fixa de 70% da PIMAX e mensurado o tempo limite (Tlim) alcançado até a exaustão.

Resultados: Foram incluídos 462 participantes, sendo 281 correspondentes ao protocolo de carga incremental e 181 ao de carga máxima. No protocolo de carga incremental, houve correlações moderadas e positivas entre a RMI e a idade, PIMAX, peso e altura. No entanto, o modelo de regressão demonstrou que a PIMAX e a idade foram as melhores variáveis para predição da RMI. Já no protocolo de carga máxima, foram encontradas correlações fracas e positivas com a idade, peso e altura. No modelo de regressão, apenas a idade e altura influenciaram na *endurance*. A força de predição (R^2) do protocolo de carga incremental foi de 0,65, enquanto o de carga máxima foi de 0,15. A reprodutibilidade mensurada pelo coeficiente de correlação intraclasse (ICC) foi maior no protocolo incremental (0,96) em comparação ao de carga máxima (0,69).

Conclusão: A RMI em crianças e adolescentes saudáveis pode ser explicada em função da idade, altura e PIMAX. O protocolo de carga incremental apresentou melhores resultados e deve ser o modelo de escolha para avaliação da RMI na faixa etária pediátrica.

Palavras-Chave: valores de referência, resistência física, *endurance*, músculos respiratórios, pediatria.

ABSTRACT

Objectives: To generate reference values for two inspiratory muscle endurance protocols (IME) in healthy children and adolescents.

Methods: An observational, cross-sectional study was conducted including healthy children and adolescents between 4 and 18 years old. Body weight, height, maximal inspiratory pressure (MIP) and IME (using two protocols) measurements were performed. In the incremental threshold loading a fixed load of 30% of the MIP with an increase of 10% every 2 minutes was used. In the a fixed load of 70% of the MIP was used and the time limit (T_{lim}) to exhaustion was measured.

Results: In total, 462 participants were included, 281 performed the incremental threshold loading and 181 the maximum load protocol. There were moderate and positive correlations between IME and age, MIP, height and weight in the incremental threshold loading. However, the regression model showed that MIP and age were the best variables to predict RMI. In the maximum load protocol, weak and positive correlations with age, weight and height were found. In the regression model for this protocol, only age and height influenced the endurance. The prediction power (R^2) for the incremental threshold loading was 0.65, while for the maximum load protocol was 0.15. Reproducibility measured by the intraclass correlation coefficient (ICC) was higher in the incremental threshold loading (0.96) compared to the maximum load protocol (0.69).

Conclusion: The IME in healthy children and adolescents can be explained by age, height and MIP. The incremental threshold loading showed better results and should be the model of choice when evaluating IME in the pediatric age group.

Keywords: reference values, physical endurance, breathing muscles, pediatrics.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 1. Sistematização da busca e seleção dos estudos.....	32
---	----

CAPÍTULO III

Figura 1. Correlações entre a RMI do protocolo de carga incremental com a idade (A) e a PIMAX (B) e a RMI do protocolo de carga máxima com a idade (C) e a altura (D).....	55
Figura 2. Correlações entre os valores absolutos da RMI no protocolo de carga incremental (A) e máxima (B) com os valores previstos pelas equações propostas.	56

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1. Identificação dos estudos incluídos e diagnóstico clínico.	33
Tabela 2. Características dos protocolos de TMI incluídos no presente estudo.	34

CAPÍTULO III

Tabela 1. Caracterização da amostra do presente estudo.	53
Tabela 2. Modelo de regressão linear múltipla para a RMI nos dois protocolos avaliados. ...	54

LISTA DE ABREVIATURAS

AME	Atrofia muscular espinhal
AT	Ataxia telangiectasia
ATS	<i>American Thoracic Society</i>
ATS-DLD-78-C	<i>American Thoracic Society e Division of Lung Diseases</i>
B	Coefficiente não padronizado
CAPES	Comissão de aperfeiçoamento de pessoal do nível superior
CEP	Comitê de Ética e Pesquisa
cm	Centímetros
cm/H2O	Centímetros de água
CVF	Capacidade vital forçada
DMB	Distrofia muscular de becker
DMC	Distrofia muscular congênita
DMCT	Distrofia muscular tipo cinturas
DMD	Distrofia muscular de duchenne
EP	Erro padrão
FC	Fibrose cística
ICC	Correlação intraclasse
IMC	Índice de massa corporal
Insp	Inspirações
mm	milímetros
N/C	Não consta
N/mm	Newton por milímetros
PEMAX	Pressão expiratória máxima
PFE	Pico de fluxo expiratório
PIMAX	Pressão inspiratória máxima

PUCRS Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

R² Coeficiente de determinação

RMI Resistência muscular inspiratória

s Segundos

SPSS Statistical Package for the Social Sciences

TCE Termo de consentimento livre e esclarecido

Tlim Tempo limite

TMI Treinamento muscular inspiratório

VEF1 Volume expiratório forçado no primeiro segundo

VVM Ventilação voluntária máxima

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	14
1.1 INTRODUÇÃO	13
1.2 JUSTIFICATIVA	15
1.3 OBJETIVOS	16
1.3.1 Objetivo Geral	16
1.3.2 Objetivos Específicos	16
1.3 REFERÊNCIAS	17
CAPÍTULO II	19
2.1 ARTIGO DE REVISÃO	20
CAPÍTULO III	36
3.1 ARTIGO ORIGINAL	37
CAPÍTULO IV	58
4.1 CONCLUSÕES	59
ANEXOS	60
ANEXO 1 - CARTA DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA (CEP)	61
ANEXO 2 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO CRIANÇAS E ADOLESCENTES SAUDÁVEIS	63
ANEXO 3 - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	64
ANEXO 4 - QUESTIONÁRIO DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS	65
ANEXO 5 - FICHA DE AVALIAÇÃO DO PROTOCOLO DE CARGA INCREMENTAL	66
ANEXO 6 - FICHA DE AVALIAÇÃO DO PROTOCOLO DE CARGA MÁXIMA	67
ANEXO 7 - ESCALA MODIFICADA DE BORG.	68

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUÇÃO

Os músculos respiratórios são um complexo conjunto de grupos musculares esqueléticos que auxiliam e favorecem o ciclo ventilatório (1). Este processo mecânico e automático é regulado pelo sistema nervoso central e atua na contração e no relaxamento dos músculos diafragma, abdominais e intercostais, resultando no movimento da caixa torácica e do abdômen (2, 3). Possuem como função deslocar ritmicamente a parede torácica, para promover a entrada e a saída de ar dos pulmões, trabalhando de forma coordenada para a manutenção da ventilação (2).

A fase inspiratória é realizada pela contração do diafragma, principal músculo responsável pela entrada de ar nos pulmões, juntamente com os escalenos, paraesternal, esternocleidomastoideo e intercostais externos. Por outro lado, a fase expiratória no repouso se caracteriza pelo padrão de contração excêntrica, enquanto a expiração forçada é realizada de forma ativa pelos músculos intercostais internos, transversos do abdômen, reto abdominal e oblíquo interno e externo do abdômen (2). Durante o processo da ventilação, os músculos tendem a manter sincronia com a movimentação da caixa torácica, facilitando seu deslocamento e colaborando para a manutenção da fisiologia respiratória (4, 5). Quando em perfeita harmonia, auxiliam no processo de limpeza das vias aéreas, mantendo uma ventilação voluntária adequada, colaborando para a remoção de secreções e impedindo o desenvolvimento de maiores morbidades. No entanto, quando ocorre alguma disfunção, isto parece alterar e comprometer a mecânica do sistema respiratório (6).

Diversos estudos vêm relatando que alterações musculares, neurológicas e pulmonares, parecem modificar o sincronismo do sistema respiratório e comprometer a função dos músculos da ventilação (7, 8). Dentre essas condições, as doenças respiratórias, como asma e fibrose cística, podem apresentar perda progressiva de força e/ou *endurance* muscular ventilatória, aprisionamento aéreo, aumento da resistência das vias aéreas e alterações na capacidade da função dos músculos respiratórios (9-11). Além disso, as doenças neuromusculares, como a Distrofia Muscular de Duchenne, também pode ocasionar fraqueza da musculatura ventilatória, provocando tosse ineficaz e, conseqüentemente, acúmulo de secreções e broncoaspiração, podendo levar a insuficiência respiratória (12, 13). Outras situações, como pacientes submetidos à ventilação mecânica, também podem apresentar

reduções de força e/ou *endurance* muscular diafragmática que, geralmente, está relacionada diretamente com o tempo de permanência no ventilador, fatores estes que associados à imobilização, acúmulo de secreção e atelectasias, comprometem ainda mais a capacidade ventilatória desses indivíduos (8).

Neste sentido, a mensuração da RMI desses indivíduos pode ser importante, possibilitando a correta avaliação e quantificação da função muscular ventilatória e colaborando para a adequada prescrição de condutas e, conseqüentemente, para um melhor prognóstico desses pacientes (14, 15). A resistência muscular ventilatória é um importante parâmetro da função dos músculos respiratórios que estão envolvidos no processo da ventilação e reflete a capacidade de um músculo ou grupo muscular em sustentar uma determinada tarefa ao longo do tempo, estando diretamente relacionada com a fadiga muscular (14, 16). Esse parâmetro pode ser mensurado através da ventilação voluntária máxima, teste de carga incremental e carga máxima (17).

Diversos estudos prévios (18-20) vêm demonstrando que programas de treinamento muscular inspiratório (TMI) proporcionam ganhos na readaptação do diafragma, melhora da força e/ou resistência dos músculos respiratórios, aumento da efetividade da tosse, limpeza das vias áreas e melhora a capacidade funcional para atividades de vida diária em inúmeras situações e condições clínicas. No entanto, esses estudos acabam comparando os resultados de RMI antes e depois de uma intervenção terapêutica, sem a normalização desses resultados através de equações de referência.

Até o presente momento, a comparação ou interpretação destes achados ventilatórios torna-se limitada pelo fato de não existirem valores de normalidade ou referência para a população pediátrica. Considerando que a avaliação da RMI constitui-se em um método simples e de fácil aplicabilidade, com importância na análise das disfunções respiratórias que cursam com fraqueza muscular respiratória (17), torna-se relevante o seu estudo na população pediátrica.

Desta forma, a presente dissertação apresenta um artigo de revisão que descreve as indicações e as características dos protocolos de TMI na faixa etária pediatria, intitulado, “Treinamento muscular inspiratório em pediatria: principais indicações e características dos protocolos” e um artigo original que apresenta equações de referência para crianças e adolescentes de 4 a 18 anos de idade, intitulado, “Geração de valores de referência para resistência muscular inspiratória em crianças e adolescentes saudáveis”.

1.2 JUSTIFICATIVA

As doenças respiratórias e outras condições clínicas que acometem o sistema pulmonar são uma das causas importantes de morbidade e mortalidade na infância. No entanto, o sistema muscular ventilatório ainda é pouco avaliado por medidas objetivas na prática clínica. Esse fato se deve à falta de padronização de muitos testes, em especial para crianças, devido à dificuldade de compreensão e cooperação dos pacientes e pelo custo dos equipamentos.

A avaliação da resistência muscular ventilatória pode auxiliar na conduta e no acompanhamento de distúrbios pulmonares. Ainda, é muito útil na presença de doenças neuromusculares, já que estes pacientes apresentam um declínio progressivo da função dos músculos ventilatórios. Todavia, a comparação ou interpretação destes achados é ainda limitada pelo fato de não existirem valores de normalidade ou referência para a população pediátrica.

Portanto, considerando o fato de que a resistência muscular ventilatória pode ser um instrumento utilizado na prática clínica em diversas situações e condições clínicas na população pediátrica e devido à ausência de valores de referência para a normalização e interpretação destes achados, justifica-se a realização deste estudo para gerar valores de referência para a resistência muscular inspiratória em crianças e adolescentes saudáveis de quatro a dezoito anos de idade. A geração de equações de referência pode ajudar para uma melhor avaliação e acompanhamento destes pacientes, contribuindo para o desenvolvimento de medidas preventivas mais precoces e auxiliando em processos de intervenção.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Gerar valores de referência para dois protocolos (carga incremental e carga máxima) de resistência muscular inspiratória em crianças e adolescentes de quatro a dezoito anos de idade.

1.3.2 Objetivos Específicos

Avaliar os efeitos das variáveis idade, sexo, altura, peso e IMC na resistência muscular inspiratória.

Comparar a reprodutibilidade dos protocolos de carga incremental e máxima em crianças e adolescentes saudáveis.

1.3 REFERÊNCIAS

1. Flaminiano LE, Celli BR. Respiratory muscle testing. *Clin Chest Med.* 2001;22(4):661-77.
 2. Ratnovsky A, Elad D, Halpern P. Mechanics of respiratory muscles. *Respir Physiol Neurobiol.* 2008;163(1):82-9.
 3. Butler JE. Drive to the human respiratory muscles. *Respir Physiol Neurobiol.* 2007;159(2):115-26.
 4. Ratnovsky A, Elad D. Anatomical model of the human trunk for analysis of respiratory muscles mechanics. *Respir Physiol Neurobiol.* 2005;148(3):245-62.
 5. Gaultier C. Respiratory muscle function in infants. *Eur Respir J.* 1995;8(1):150-3.
 6. Man WD, Kyroussis D, Fleming TA, Chetta A, Harraf F, Mustafa N, et al. Cough gastric pressure and maximum expiratory mouth pressure in humans. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003;168(6):714-7.
 7. Clanton TL, Diaz PT. Clinical assessment of the respiratory muscles. *Physical therapy.* 1995;75(11):983-95.
 8. Harikumar G, Moxham J, Greenough A, Rafferty GF. Measurement of maximal inspiratory pressure in ventilated children. *Pediatr Pulmonol.* 2008;43(11):1085.
 9. Zanchet RC, Chagas AMA, Melo JS, Watanabe PY, Simões-Barbosa A, Feijó G. Influence of the technique of re-educating thoracic and abdominal muscles on respiratory muscle strength in patients with cystic fibrosis. *J Bras Pneumol.* 2006;32(2):123-9.
 10. Asher MI, Pardy RL, Coates AL, Thomas E, Macklem PT. The Effects of Inspiratory Muscle Training in Patients with Cystic Fibrosis 1–4. *Am Rev Respir Dis.* 1982;126(5):855-9.
 11. Lima EVNCL, Lima WL, Nobre A, Santos AMd, Brito LMO, Costa MdRdS. Inspiratory muscle training and respiratory exercises in children with asthma. *J Bras Pneumol.* 2008;34(8):552-8.
 12. Gozal D, Thiriet P. Respiratory muscle training in neuromuscular disease: long-term effects on strength and load perception. *Med Sci Sports Exerc.* 1999(31):1522-7.
 13. Martin A, Stern L, Yeates J, Lepp D, Little J. Respiratory muscle training in Duchenne muscular dystrophy. *Dev Med Child Neurol.* 1986;28(3):314-8.
-

-
14. Fauroux B. Respiratory muscle testing in children. *Paediatr Respir Rev.* 2003;4(3):243-9.
 15. Félix E, Gimenes AC, Costa-Carvalho BT. Effects of inspiratory muscle training on lung volumes, respiratory muscle strength, and quality of life in patients with ataxia telangiectasia. *Pediatr Pulmonol.* 2014;49(3):238-44.
 16. Belman M, Sieck G. The ventilatory muscles. Fatigue, endurance and training. *CHEST Journal.* 1982;82(6):761-6.
 17. Fiz J, Antonio e, Romero P, Gomez R, Hernandez M, Ruiz J, et al. Indices of respiratory muscle endurance in healthy subjects. *Respiration.* 1998;65(1):21-7.
 18. Reid WD, Geddes EL, O'Brien K, Brooks D, Crowe J. Effects of inspiratory muscle training in cystic fibrosis: a systematic review. *Clin Rehabil.* 2008;22(10-11):1003-13.
 19. Silveira JM, Gastaldi AC, de Matos Boaventura C, Souza HC. Treinamento de músculos inspiratórios em pacientes com quadriplegia* Inspiratory muscle training in quadriplegic patients. *J Bras Pneumol.* 2010;36(3):313-9.
 20. Topin N, Matecki S, Le Bris S, Rivier F, Echenne B, Prefaut C, et al. Dose-dependent effect of individualized respiratory muscle training in children with Duchenne muscular dystrophy. *Neuromuscul Disord.* 2002;12(6):576-83. Epub 2002/07/16.
-