

ARTIGO ORIGINAL

Comparação entre incentivadores respiratórios a fluxo disponíveis no mercado: descrição de um novo modelo denominado INSPIRATIO®

Comparison of available flow-based respiratory incentives: description of a new model named INSPIRATIO®

Alexandre Jung¹, Aline Felício Bueno Ingrassia², Vanessa Simon da Silveira³, Teilor Ricardo dos Santos⁴, Luiz Alberto Forgiarini Junior⁵, Alexandre Simões Dias⁶

¹*Clínica de Reabilitação Cardíaca Alexandre Jung, Lajeado, RS, Brasil*

²*Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGCMH-UFRGS); Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre, RS, Brasil*

³*Programa de Pós-Graduação em Ciências Pneumológicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGCP-UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil*

⁴*Programa de Pós-Graduação em Ciências Pneumológicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGCP-UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil*

⁵*Universidade Católica de Pelotas (UCPEL), Programa de Pós-graduação em Saúde e Comportamento, Pelotas, RS, Brasil*

⁶*Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano (PPGCMH) e Ciências Pneumológicas (PPGCP) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil*

Recebido em: 3 de outubro de 2024; Aceito em: 12 de novembro de 2024.

Correspondência: Alexandre Jung, alexandrejung31@gmail.com

Como citar

Jung A, Ingrassia AFB, Silveira VS, Santos TR, Forgiarini Junior LA, Dias AS. Comparação entre Incentivadores Respiratórios a Fluxo Disponíveis no Mercado: Descrição de um novo modelo denominado INSPIRATIO®. Fisioter. Bras. 2024;25(5):1656-1664. doi:[10.62827/fb.v25i5.1026](https://doi.org/10.62827/fb.v25i5.1026)

Resumo

Introdução: A fisioterapia respiratória apresenta uma gama de recursos terapêuticos, sendo um deles o inspirômetro de incentivo. Ele apresenta, como objetivo, aumentar o volume pulmonar por meio de inspirações profundas sustentadas, gerando aumento do volume corrente do tempo e fluxo

inspiratório. Objetivo: Comparar a efetividade de um incentivador respiratório a fluxo desenvolvido e denominado Inspiratio® com demais incentivadores respiratórios disponíveis no mercado. *Métodos:* Estudo de bancada laboratorial, em que foi avaliado o equipamento desenvolvido (Inspiratio®) com diferentes gramaturas (205, 225 e 260 g/m²), comparando com 03 (três) incentivadores respiratórios disponíveis comercialmente no mercado em relação as variáveis Pressão Inspiratória Máxima (PI_{máx.}), Fluxo Inspiratório e CO₂ exalado. *Resultados:* O Inspiratio® foi desenvolvido e registrado no Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI (Carta Patente No BR 102021023052-5), sendo não estéril, descartável e reciclável. Quando comparado às variáveis PI_{máx.}, Fluxo Inspiratório e CO₂ exalado, observamos similaridades entre os equipamentos avaliados, não havendo diferença entre os mesmos. *Conclusão:* Comparamos e analisamos o equipamento Inspiratio®, vendo neleste um novo incentivador respiratório, similar aos disponíveis no mercado, evidenciando que o mesmo assemelha-se em relação a fluxo, pressão inspiratória e níveis de CO₂ exalado.

Palavras-chave: Difusão de inovações; espirometria; modalidades de fisioterapia.

Abstract

Introduction: Respiratory physiotherapy offers a range of therapeutic resources, one of which is the Incentive Spirometer. Its objective is to increase lung volume through sustained deep inspirations, generating an increase in tidal volume, time and inspiratory flow. Objective: To compare the effectiveness of a developed respiratory flow stimulator called Inspiratio® with other respiratory stimulators available on the market. *Methods:* Laboratory bench study, where the developed equipment (Inspiratio®) with different grammages (205, 225 and 260 g/m²) was evaluated, comparing it with 3 respiratory stimulators commercially available on the market in relation to the variables (Maximum Inspiratory Pressure (MIP), Inspiratory Flow and exhaled CO₂). *Results:* Inspiratio® was developed and registered with the National Institute of Industrial Property - INPI (Patent Letter No. BR 102021023052-5), and is non-sterile, disposable and recyclable. When comparing the variables MIP, Inspiratory Flow and exhaled CO₂, we observed similarities between the evaluated equipment, with no differences between them. *Conclusion:* We compared and analyzed the Inspiratio® equipment, which is a new respiratory stimulator, with those available on the market and showed that it is similar to this one in relation to flow, inspiratory pressure, and CO₂ levels. Exhaled.

Keywords: Diffusion of innovation; spirometry; physical therapy modalities.

Introdução

A fisioterapia respiratória emprega métodos e recursos com a finalidade de restaurar a ventilação pulmonar, estimular a expansão dos pulmões e aprimorar a oxigenação. Dentre esses, destacam-se os espirômetros de incentivo (EI), que têm a finalidade de promover volumes pulmonares

mais amplos e fornecem um *feedback* visual para motivar os pacientes a realizarem inspirações máximas sustentadas. Quando combinadas com uma pausa inspiratória, promovem a insuflação e o recrutamento alveolar, melhorando a complacência e a ventilação alveolar [1,2,3].

Os EIs se dividem em dois tipos: os espirômetros a volume, que medem o volume inspirado durante a inspiração sustentada e os espirômetros a fluxo, que estimam o fluxo com base no movimento das esferas. Os exercícios respiratórios que incluem a prática de inspirações profundas são apropriados para pacientes que colaboram e apresentam a capacidade de gerar volumes pulmonares substanciais. A terapia de expansão pulmonar tem como objetivo principal aumentar o volume pulmonar, seja por meio da redução da pressão pleural ou pelo aumento da pressão interalveolar. Estudos científicos revelam uma alta incidência de distúrbios respiratórios em pessoas, incluindo pacientes com redução da respiração e baixo volume ventilatório, decorrentes de internações prolongadas, imobilidade no leito e complicações pulmonares associadas a várias condições médicas [3,4].

Cabe destacar que um estudo realizado por Pascotini *et al.* comparou os inspirômetros de

incentivo a volume e fluxo sobre a função pulmonar, força muscular respiratória e mobilidade tóraco-abdominal de idosos saudáveis. Os resultados demonstrados pelos autores evidenciaram que ambos os incentivadores são eficazes na melhora da função pulmonar, força muscular respiratória e mobilidade tóraco-abdominal em idosos saudáveis, destacando-se como bons aliados da fisioterapia respiratória nesta população [5].

Previamente foi descrito o processo para o desenvolvimento de um incentivador respiratório a fluxo, denominado Inspiratio® e ainda foi analisado sua efetividade em relação as variáveis pressões respiratórias, fluxo e volume e níveis de CO₂. Foi evidenciado que o presente equipamento poderia ser utilizado como incentivador respiratório [6].

Comparou-se descritivamente os incentivadores respiratórios disponíveis no mercado com o equipamento desenvolvido em diferentes gramaturas.

Métodos

Desenho do Estudo

Estudo do tipo transversal, realizado no Laboratório de Engenharia Biomédica do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, no período de julho de 2022 a janeiro de 2023.

Desenvolvimento do Inspiratio®

O Inspiratio® foi desenvolvido por uma equipe de 03 (três) Fisioterapeutas com alta experiência na área de Fisioterapia Respiratória e 02 (dois) Engenheiros Biomédicos do Laboratório de Bioengenharia Médica do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA).

Ele é um dispositivo de papel, feito de um corpo único, com várias gramaturas, onde as dobras horizontais e verticais se unem com dobras em

ângulos que montam uma sanfona. Possui um orifício para entrada e saída do ar, onde um bocal é adaptado para realizar a inspiração e expiração.

O número de sanfonas ou número de dobras de cada Inspiratio® aumenta e diminui conforme a resistência desejada. Suas partes fundamentais são: um corpo anterior caracterizado pelo orifício, um corpo posterior e uma sanfona ou dobras entre os corpos anterior e posterior. Sua resistência é gerada pela sanfona ou dobra e pela gramatura do papel [6].

Comparação do Inspiratio® com Incentivadores de Incentivo

O Inspiratio® foi desenvolvido, testado e validado para utilização clínica [6]. Ele foi comparado

em diferentes gramaturas com demais equipamentos disponíveis no mercado. Desta forma, foram adquiridos comercialmente três diferentes marcas de incentivadores inspiratórios a fluxo, sendo eles: Respiro[®] (NCS, São Paulo, SP, Brasil), Triball[®] (NewMed, São Paulo, SP, Brasil) e EXR 100[®] (Incoterm, Porto Alegre, RS, Brasil). Cada um destes dispositivos caracterizavam-se por apresentar três colunas transparentes com esferas, que se elevam com a realização de uma inspiração máxima, sendo a pressão inspiratória obtida mensurada em cmH₂O.

O desempenho dos incentivadores inspiratórios foram avaliados no Laboratório de Bioengenharia Médica através dos seguintes testes: Pressão Inspiratória Máxima (PIMáx.) e Pressão Expiratória Máxima (PEMáx.), fluxo, volume e níveis de CO₂ exalado (EtCO₂), sendo todos os valores obtidos registrados em forma de valores e gráficos. Os

Resultados

O desenvolvimento do incentivador respiratório Inspiratio[®] foi realizado previamente [6], sendo o mesmo registrado no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Carta Patente No BR 102021023052-5. O equipamento apresenta 03 (três) diferentes gramaturas (205, 215 e 260 g/m²) as quais geram diferentes resistências inspiratórias.

Realizou-se avaliação das pressões respiratórias e do fluxo dos diferentes equipamentos.

testes de PIMáx e PEMáx, foram mensurados por Manovacuômetro Digital MVD 300-U (Homed - São Paulo, Brasil), que realiza leituras inspiratórias e expiratórias. Já, os testes de Fluxo foram mensurados pelo sensor de Fluxo Sensirion SFM3300-AW (Mouser Brasil, São Paulo, Brasil). Os níveis de gás dióxido de carbono (CO₂) exalado (EtCO₂) durante a utilização dos dispositivos foi obtido através do Capnógrafo Medlab (Medlab, São Paulo, Brasil). Cada medição foi obtida através da conexão aos dispositivos de um Tubo-T desenvolvido pela Equipe de Engenharia Biomédica do HCPA.

Análise estatística

Foi utilizada estatística descritiva e inferencial, através da descrição das médias e desvios-padrão (DP) das variáveis de equivalência e comparação entre elas.

Não houve como realizar a mensuração da Pressão Expiratória Máxima (PEMáx.), pois os dispositivos não disponibilizam tal manobra. Ainda, segundo as orientações do fabricante não está descrito a possibilidade de expirar dentro do dispositivo. No quadro 1, demonstramos os valores de Pressão Inspiratória Máxima (PIMáx) e Fluxo dos equipamentos avaliados. Neste quadro, podemos observar uma similaridade e entre os diferentes equipamentos.

Tabela 1 - Avaliação da Pressão Inspiratória Máxima (PIMáx) e Fluxo do Inspiratio® com os equipamentos disponíveis no mercado

Equipamento	PIMáx (cmH ₂ O)	Fluxo (l/min)
Inspiratio®		
205 g	-13,4 ± 3,5	175,6 ± 30,5
215 g	-21 ± 3,6	211,3 ± 15,3
260 g	32 ± 4,5	217 ± 18
Triball®		
600cc	-10,3 ± 1,5	121 ± 3,6
900cc	-14,3 ± 0,5	119,3 ± 8
120cc	-26,3 ± 3,2	126,6 ± 7,6
EXR 100®		
600cc	-64 ± 4,3	109 ± 12,2
900cc	-70 ± 4,5	112 ± 5,2
120cc	-77 ± 6,3	120 ± 10
Respiron®		
0	-21,5 ± 3,2	114 ± 8,2
1	-25,3 ± 2	129 ± 5,7
2	-26 ± 2,08	129,3 ± 8
3	-34,6 ± 1,5	142 ± 3,6

Legenda: PIMáx. - Pressão Inspiratória Máxima em centímetros de água - cmH₂O; Fluxo em litros/minuto - l/min; g - gramas; cc - centímetros cúbicos; EXR 100 - Exercitador Respiratório EXR 100

Avaliamos ainda a quantidade de CO₂ exalado (EtCO₂ - mmHg), onde observamos a similaridade entre os equipamentos avaliados e comparados ao Inspiratio®.

Tabela 2 - Avaliação da EtCO₂ (mmHg)

Equipamento	EtCO ₂ (mmHg)
Inspiratio®	18,5
Triball®	18,8
EXR 100®	19,7
Respiron®	19,9

Legenda: EtCO₂ - Dióxido de carbono exalado; mmHg - milímetros de mercúrio

Discussão

Comparou-se um equipamento que pode ser utilizado durante a realização da fisioterapia respiratória para pacientes internados no hospital e na unidade de terapia intensiva com os equipamentos disponíveis no mercado em relação as PIMáx, fluxo e CO₂ exalado.

Demonstrou-se que o equipamento Inspiratio® apresenta equivalência a seus correspondentes quanto a estas variáveis e que de acordo com a gramatura do papel existe um aumento na resistência respiratória.

O Inspiratio® pode ser utilizado em diferentes configurações, onde o fechamento e a abertura do dispositivo pode exercitar os músculos respiratórios, bem como proporcionar ao paciente um *feedback* visual, que é o movimento característico dos incentivadores respiratórios. Suas variáveis são o tamanho, a gramatura, tipo do papel e número de sanfonas ou dobras [6].

A inspirometria de incentivo é utilizada em uma diversidade de pacientes, sendo a sua maior aplicabilidade no período pós-operatório. Kotta et al. demonstrou que há indicação de que a espirometria de incentivo pode levar à redução da incidência de complicações pulmonares pós-operatórias em pacientes com Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica [7]. Já, Sweity et al. em seu estudo evidenciou que a espirometria de incentivo pré-operatória realizada por dois dias, juntamente com o exercício de respiração profunda, incentivo à tosse e deambulação precoce, após Cirurgia de Revascularização do Miocárdio (CRM) estão relacionados à prevenção e diminuição da incidência de atelectasia, permanência hospitalar, duração da ventilação mecânica e melhora da oxigenação e controle da dor no pós-operatório de cirurgia cardíaca [8].

Uma revisão sistemática demonstrou que a utilização dos incentivadores respiratórios é eficaz para melhorar a qualidade do cuidado pós-operatório de pacientes após ressecção pulmonar. A utilização demonstrou resultados favoráveis na redução do tempo de internação (1,8 dias) e ocorrência de complicações pulmonares pós-operatórias (32% de redução de risco) [9].

Um ponto a ser destacado é o momento em que a inspirometria de incentivo pode ser utilizada, seja no período pré ou pós-operatório. Sullivan et al. [10] realizou uma revisão sistemática com o objetivo de avaliar a utilização da inspirometria de incentivo em pacientes submetidos a cirurgia cardíaca, torácica ou abdominal superior. Foram avaliadas as complicações pulmonares pós-operatórias em 30 dias, a mortalidade e tempo de internação hospitalar. Os autores demonstraram que estas variáveis reduziram significativamente quando comparado a outras estratégias de reabilitação, evidenciando assim que mesmo de forma isolada apresenta resultados positivos na recuperação dos pacientes.

No âmbito multidisciplinar, outras áreas referem um efeito positivo na utilização dos IE tl como a fonoaudiologia. Lopes et al. avaliou o efeito imediato do inspirômetro de incentivo nas medidas acústicas, aerodinâmicas e na avaliação perceptivo-auditiva da qualidade vocal de mulheres com vozes saudáveis. O estudo demonstrou que sua utilização é segura, seu efeito imediato e promove redução nas medidas acústicas de periodicidade a curto prazo, tanto relacionadas à frequência quanto à intensidade. Evidenciou-se ainda que sua utilização aumenta o volume expiratório máximo em mulheres com vozes saudáveis [11].

Já, Ferreira et al. apresentou que um Programa de Condicionamento Vocal e Respiratório (CVR I) incentivou a continuidade (CVR II), considerando novas estratégias de treinamento muscular vocal e respiratório que pudessem contribuir para melhor desempenho de profissionais da voz. Para a condução da ação, houve a participação integrada de fonoaudiólogos, fisioterapeutas e profissionais da voz. Os exercícios do trato vocal semioclusivo e respiratórios foram realizados com o uso dos incentivadores denominados New Shaker® e Respirom Athletic 2®. O uso de incentivadores respiratórios em parceria com a Fisioterapia são recomendados para melhor entendimento e consequente atendimento das questões da voz e da respiração [12].

Devemos destacar neste estudo que a inovação tecnológica surge a partir de uma demanda ou necessidade prática e constitui-se em um processo de desenvolvimento para a produção de um novo produto [13]. Sendo assim, observando a demanda de mercado, foi desenvolvido um

Conclusão

Comparou-se e analisou-se o equipamento Inspiratio®, sendo este um novo incentivador respiratório com os disponíveis no mercado e evidenciamos que o mesmo assemelha-se a este em relação a fluxo, pressão inspiratória, e níveis de CO₂ exalado. Vê-se que o desenvolvimento de tecnologias de baixo custo que assemelhem-se

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Jung A, Forgiarini Junior LA, Dias AS; Coleta de dados: Ingrassia AFB, Silveira VS, Santos TR; Análise e interpretação dos dados: Jung A, Santos TR, Forgiarini Junior LA, Dias AS; Análise estatística: Silveira VS;

novo equipamento com diferentes características quando comparado aos disponíveis no mercado. A globalização da economia e a necessidade de produtos inovadores têm gerado a necessidade de serem formadas equipes de profissionais que integrem conhecimentos de diferentes áreas da ciência [14]. Corroborando Cayres et al.[15], os quais afirmam que o eficaz desenvolvimento de produtos aplicados ao tratamento de diversas patologias na área da saúde tem sido possível através de projetos multidisciplinares. Isso destaca-se no presente estudo onde houve a formação de uma equipe clínica de fisioterapeutas associada à engenharia biomédica.

Este estudo apresenta como pontos positivos a validação e comparação de um novo equipamento, desenvolvido com o objetivo de apresentar baixo custo, isso quando comparados aos seus similares disponíveis no mercado de trabalho. Como ponto negativo destacamos a não realização de testes clínicos em pacientes, sendo este um novo possível estudo a ser realizado.

as já presentes no mercado de trabalho são de suma importância.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não ter conflitos de interesse de qualquer natureza.

Fontes de financiamento

Financiamento próprio.

Redação do manuscrito: Jung A, Forgiarini Junior LA, Santos TR; Ingrassia AFB, Silveira VS; Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Forgiarini Junior LA, Dias AS.

Referências

1. Goñi-Viguria R, Yoldi-Arzo E, Casajús-Sola L, Aquerreta-Larraya T, Fernández-Sangil P, Guzmán-Unamuno E, Moyano-Berardo BM. Respiratory physiotherapy in intensive care unit: Bibliographic review. *Enferm Intensiva (Engl Ed)*. 2018 Oct-Dec;29(4):168-181.
2. Alcaraz-Serrano V, Lee AL, Gimeno-Santos E. Respiratory Physiotherapy and Bronchiectasis. *Arch Bronconeumol*. 2022 May;58(5):377-378.
3. Rodrigues A, Muñoz Castro G, Jácome C, Langer D, Parry SM, Burtin C. Current developments and future directions in respiratory physiotherapy. *Eur Respir Rev*. 2020 Dec 15;29(158):200264.
4. França EE, Ferrari F, Fernandes P, Cavalcanti R, Duarte A, Martinez BP, et al. Fisioterapia em pacientes críticos adultos: recomendações do Departamento Fisioterapia da Associação de Medicina Intensiva Brasileira. *Rev Bras Ter Intensiva*. 2012;24(1):6-22.
5. Pascotini, F. dos S., Ramos, M. de C., Silva, A. M. V. da, & Trevisan, M. E. Espirometria de incentivo a volume versus a fluxo sobre parâmetros respiratórios em idosos. *Fisioter Pesqui* 2023;20(4):355-60. doi: 10.1590/S1809-29502013000400009
6. Jung A, ngrassia AFB, Silveira VS, Forgiarini Junior LA, Dias AS. Descrição e desenvolvimento de um Incentivador Respiratório a Fluxo (Inspiratio®). *Fisioter Bras*. 2023;24(5):661-69.
7. Kotta PA, Ali JM. Incentive Spirometry for Prevention of Postoperative Pulmonary Complications After Thoracic Surgery. *Respir Care*. 2021 Feb;66(2):327-333.
8. Sweity EM, Alkaissi AA, Othman W, Salahat A. Preoperative incentive spirometry for preventing postoperative pulmonary complications in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery: a prospective, randomized controlled trial. *J Cardiothorac Surg*. 2021 Aug 24;16(1):241.
9. Chang PC, Chen PH, Chang TH, Chen KH, Jhou HJ, Chou SH, Chang TW. Incentive spirometry is an effective strategy to improve the quality of postoperative care in patients. *Asian J Surg*. 2023 Sep;46(9):3397-3404.
10. Sullivan KA, Churchill IF, Hylton DA, Hanna WC. Use of Incentive Spirometry in Adults following Cardiac, Thoracic, and Upper Abdominal Surgery to Prevent Post-Operative Pulmonary Complications: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Respiration*. 2021;100(11):1114-1127.
11. Lopes, B. P., Korn, G. P., Nunes, F. B., & Gama, A. C. C.. (2024). Efeitos imediatos do inspirômetro de incentivo em mulheres vocalmente saudáveis. *Codas*, 36(1), e20220291.
12. Ferreira, L. P., Borrego, M. C. de M., Silva, A. A., Silva, M. Z. da, Zuleta, P. P. B., & Escorcio, R. (2023). Programa Condicionamento Vocal e Respiratório (CVR II): nova proposta para profissionais da voz. *Distúrbios Da Comunicação*, 35(1), e59350.
13. Tushman, Michael; O'reilly, Charles. (1997). *Wining Through Innovation*. Boston (MA): Harvard University School Press.
14. Back N. et al. Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem. São Paulo: Manole, 2008.

15. Cayres P. G. et al. O aprendizado interdisciplinar através do desenvolvimento do produto: um estudo de caso envolvendo a área de fisioterapia. Anais... XXV ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ABEPRO, Porto Alegre, 2005.



Este artigo de acesso aberto é distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons (CC BY 4.0), que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.