



ORIGINAL

Relación de la fuerza muscular inspiratoria estática y dinámica

Relationship of static and dynamic inspiratory muscle strength

Robinson Adrián Rumiguano Jiménez¹  , Stalin Javier Caiza Lema²  , Katherine Pamela Valencia Pasquel³  , Geovanna Maribel Herrera Herrera⁴  , Victoria Estefania Espin Pastor⁵  , María Gabriela Romero Rodríguez⁶ 

¹Servicio de Fisioterapia Intensiva. Centro cardiorrespiratorio Resphyairway. Quito, Ecuador.

²Universidad Técnica de Ambato. Carrera de Terapia Física. Ambato - Ecuador.

³Hospital Pediátrico Baca Ortiz. Quito, Ecuador.

⁴Hospital General Docente de Calderón. Unidad de Cuidados Intensivos. Quito, Ecuador.

⁵Universidad Técnica de Ambato. Centro de Bienestar Equilibrio. Ambato, Ecuador.

⁶Universidad Nacional de Chimborazo. Carrea de Fisioterapia. Riobamba, Ecuador.

Citar como: Rumiguano Jiménez RA, Caiza Lema SJ, Valencia Pasquel KP, Herrera Herrera GM, Espin Pastor VE, Romero Rodríguez MG. Relación de la fuerza muscular inspiratoria estática y dinámica. Salud, Ciencia y Tecnología. 2023;3:331. <https://doi.org/10.56294/saludcyt2023331>

Enviado: 04-03-2023

Revisado: 19-03-2023

Aceptado: 25-04-2023

Publicado: 26-04-2023

Editor: Dr. William Castillo González 

RESUMEN

Introducción: la evaluación de la fuerza de los músculos inspiratorios de forma no invasiva permite detectar su debilidad de manera global. El uso de manómetros digitales o aneroides para conocer la fuerza inspiratoria puede ser tomada por una técnica estática, conocida como pimometría obteniendo la presión inspiratoria máxima. No obstante, también se emplea equipos como el PowerBreathe obteniendo el índice de fuerza, misma que es considerada una técnica dinámica.

Métodos: el presente trabajo es un estudio de cohorte transversal, enfocado en analizar la fuerza muscular inspiratoria de manera estática y dinámica en sujetos sanos, utilizando un manómetro digital no clínico Ht - 18909 comparando con un equipo de PowerBreathe. El estudio se realizó en 23 pacientes voluntarios sanos con edad media de 19 años.

Resultados: las mediciones de la fuerza inspiratoria para ambos instrumentos alcanzaron una media de 57,5 cmH₂O y 55,3 cmH₂O (DE 16,38 - 14,91) al ser tomadas con manometría y equipo PowerBreathe respectivamente, la correlación mediante el cálculo del ICC con una confiabilidad del 95 %, fue de 0,7 teniendo un alto nivel de concordancia o similitud entre las medidas.

Conclusiones: no existen diferencias significativas al medir la fuerza inspiratoria al ocupar ambos dispositivos, mismos que estiman la fuerza de manera estática y dinámica.

Palabras clave: Presión Inspiratoria Máxima; Músculos Respiratorios.

ABSTRACT

Background: the non-invasive evaluation of the inspiratory muscles strength makes it possible to detect their weakness globally. The use of digital or aneroid manometers to determine the inspiratory force can be taken by a static technique, known as pymometry, obtaining the maximum inspiratory pressure. However, equipment such as PowerBreathe is also used to obtain the strength index, which is considered a dynamic technique.

Methods: the present work is a cross-sectional cohort study, focused on analyzing the inspiratory muscle force in a static and dynamic way in healthy subjects, using a non-clinical digital manometer Ht - 18909 compared with a PowerBreathe equipment. The study was conducted in 23 healthy volunteer patients with a mean age of 19 years.

Results: Inspiratory force measurements for both instruments reached a mean of 57,5 cmH₂O and 55,3 cmH₂O (SD 16,38 - 14,91) when taken with manometry and PowerBreathe equipment respectively, the correlation by calculating of the ICC with a reliability of 95 %, was 0,87, having a high level of agreement or similarity between the measures.

Conclusions: It was concluded that there are no significant differences when measuring the inspiratory force when using both devices that estimate the force statically and dynamically.

Keywords: Maximal Inspiratory Pressure; Respiratory Muscle.

INTRODUCCIÓN

La evaluación de la fuerza de los músculos inspiratorios (FMI), de forma no invasiva permite detectar su debilidad de manera global,⁽¹⁾ es fundamental en ciertas patologías respiratorias, alteraciones neuromusculares⁽²⁾ y constantemente empleado como parámetro para el destete o decanulación.⁽³⁾ Está indicado también en evaluaciones preoperatorias, malformaciones de la caja torácica, disminución de la capacidad vital forzada y escueta capacidad física.⁽⁴⁾ La FMI se puede obtener midiendo la presión inspiratoria y espiratoria máxima (PIMAX - PEMAX) misma que puede ser obtenida por varios dispositivos como el uso de manómetros digitales (MD) o aneroides la cual es una técnica caracterizada por su componente estático.^(1,2,3) Por el contrario, al utilizar un PowerBreathe (PB) modelo K5 (Reino Unido); y cuantificar la FMI se obtiene el índice de fuerza (S-Index), que es una técnica dinámica.⁽⁵⁾ El mecanismo de funcionamiento varía entre los dispositivos. El MD es independiente del flujo, puesto que mediante la maniobra de Müller ofrece una resistencia oclusiva al ingreso de aire. A la inversa el PB tiene un sistema abierto que permite la circulación de flujo sin ningún tipo de resistencia, siendo más confortable para el usuario.⁽⁶⁾

En nuestro medio impensadamente se ha correlacionado los valores del S-Index con la PIMAX, algo infundado, debido a que existe diferencia en el procesamiento para estimar el resultado.⁽⁷⁾ El objetivo del presente trabajo es identificar la correlación existente entre los valores de FMI expuestos por un método dinámico a través del PB K-5 y estático con el MD serio del equipo Ht-18909 correspondiente al S-Index y la PIMAX respectivamente.

MÉTODOS

El presente trabajo es un estudio de corte transversal. Los participantes fueron reclutados de manera voluntaria correspondiendo a personas sanas de ambos sexos entre los 18 a 26 años. Se excluyeron a personas con: IMC > 35, enfermedades cardiacas, respiratorias, neurológicas, presión arterial alta (140/100), que no presenten las tres dosis contra el covid-19 o que se haya contagiado del virus SARS COV-2 en los últimos tres meses y por último sujetos que previa espirometría obtuvieron un índice de Tiffeneau < 80 %. Las evaluaciones de espirometría fueron tomadas con un espirómetro portátil CONTEC SP10 (figura 1).

Inicialmente se explicó en detalle en qué consistía el estudio, posterior todos decidieron firmar el consentimiento informado, aprobando su participación. El estudio fue aprobado por el comité de ética donde se desarrolló.

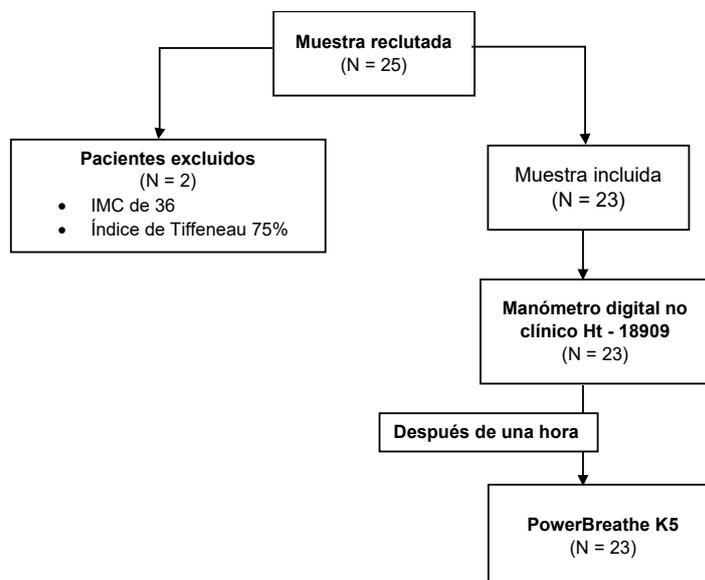


Figura 1. Diagrama de flujo del estudio

En una primera instancia se realizó una anamnesis y toma de signos vitales por parte de los investigadores, después de esto se efectuó una charla con fines de socializar la técnica correcta de ejecución.

Los instrumentos con los cuales se registró la FMI fueron: un MD de carácter no clínico Ht - 18909 (Hecho en China); el cual tiene una visualización de carga de -140 a + 140 cmH₂O, una precisión de presión de 0,3 % y una resolución de 0,1 cmH₂O. El otro dispositivo fue un PB modelo K5 el cual tiene una visualización de carga de 10 - 200 cm H₂O, una precisión de presión de ± 3 % y una resolución de 1 cm H₂O.

El MD Ht - 18909 se adjuntó a una válvula de tres vías, (Nif-Tee valve) que era acoplado mediante un conector de 14 cm. En ambos instrumentos durante la maniobra de FMI, se ocupó una pinza para ocluir las fosas nasales, además de un filtro Humid-Vent higroscópico viral bacteriano conectado directamente a cada equipo y para cada usuario.

Primera evaluación (PIMAX)

La PIMAX se realizó con maniobra de Müller.

1. Se verificó que ninguno de los usuarios utilice prendas ajustadas al tórax.
2. El procedimiento inicia con la persona sentada en una silla con respaldo y con apoyabrazos.
3. Nuevamente se le explicó a la persona la técnica, para que pueda identificar cuando alcance el volumen residual, para posterior generar un esfuerzo inspiratorio máximo y sostenerlo por un segundo.
4. Dos profesionales estaban a cargo de la técnica: El primero se colocaba en la parte posterior del paciente, para evitar cualquier desplazamiento de cabeza y cuello hacia delante y verificar si existía activación del músculo buccinador colocando sus manos en las partes laterales de la cara además de ayudar que los labios se acoplen al filtro. El segundo estaba a cargo del manejo de los equipos y del comando verbal de la técnica la cual debía ser fuerte y clara.
5. El usuario tenía de 2 a tres ciclos respiratorios normales, luego espiraba y alzaba su mano como señal que llegó a volumen residual, el operador coloca el instrumento en su boca e inmediatamente realiza un esfuerzo inspiratorio máximo.
6. Se realizaron tres tomas respetando los tiempos de descanso entre cada ejecución determinada en 1 minuto. Se consideró una ejecución válida cuando existía una diferencia menor al 10% entre el valor más alto y el que le antecede dentro de las tres mediciones, en caso de que no se cumpla se realizaba otra toma hasta lograr dicha diferencia.

Segunda evaluación (S-Index)

1. Posterior a una hora se realizó el S-Index con el PB K5, con la misma metodología de la evaluación de la PIMAX.

Base estadística

Los datos fueron registrados y posteriormente analizados con el paquete estadístico IBM-SPSS Statistics 25. En cada variable se halló la media en conjunto con la desviación estándar. El coeficiente de correlación intraclase con un IC del 95 % efectuado para ambos instrumentos aportó el dato de concordancia evaluativa, graficada con la aplicación de la prueba Bland-Altman, previa aplicación de t de student y prueba de normalidad de Shapiro Wilk.

RESULTADOS

Un total de 25 personas fueron las evaluadas de las cuales 2 fueron apartadas del estudio por IMC > 35 e índice de Tiffeneau < 80 %, llegando a un total de 23 personas, los datos de género, edad, talla, peso, como también los resultados obtenidos por la espirometría se muestran con su media y desviación típica en la (tabla 1).

Tabla 1. Medidas antropométricas y variables de espirometría		
VARIABLES	Media	DE \pm
Genero (Hombre/Mujer)	n= 3	n= 20
Edad (años)	19,7	$\pm 2,3$
Altura (cm)	161,1	$\pm 8,8$
Peso (Kg)	64,1	$\pm 11,4$
IMC (kg/m ²)	23,9	$\pm 2,7$
CVF (L)	3,65	$\pm 0,74$
CVF (%)	98,61	$\pm 10,07$

VEF1 (L)	3,25	±0,73
VEF1 (%)	98,48	±13,76
VEF1/FVC	0,88	±0,04
IMC: Índice masa corporal; CVF: Capacidad vital forzada; VEF1: Volumen espiratorio forzado al primer segundo; VEF1/FVC: Índice Tiffeneau		

En relación con los valores, la PIMAX y S-Index alcanzaron una media de 57,5 mmHg y 55,3 mmHg (DE± 16,38 - 14,91) respectivamente. Los resultados de análisis de correlación mediante el cálculo del ICC con una confiabilidad del 95 %, fue de 0,87 teniendo un alto nivel de concordancia o similitud entre las medidas (tabla 2).

Tabla 2. Valores de presión inspiratoria máxima de ambos instrumentos

Instrumento	Media	DE±	Correlación	Confiabilidad 0,95 %	
Manómetro digital	57,5	±16,38	ICC	Límite inferior	Límite superior
POWERbreath K5	55,3	±14,91	0,87	0,686	0,942

ICC: intervalo de confianza intraclase

Se realizó una prueba t de student a la diferencia registrada por cada intento para medir los valores de la PIMAX y S-Index, reflejando un valor de 0,103 ($p > 0,05$) no existiendo una diferencia estadística entre evaluaciones. La medición de la distribución, aplicando la prueba de Shapiro Wilk ($p > 0,05$) reflejaron una normalidad de los datos. El análisis por el método gráfico Bland-Altman mostró una distribución simétrica (figura 2), afirmando la buena concordancia entre métodos de medición.

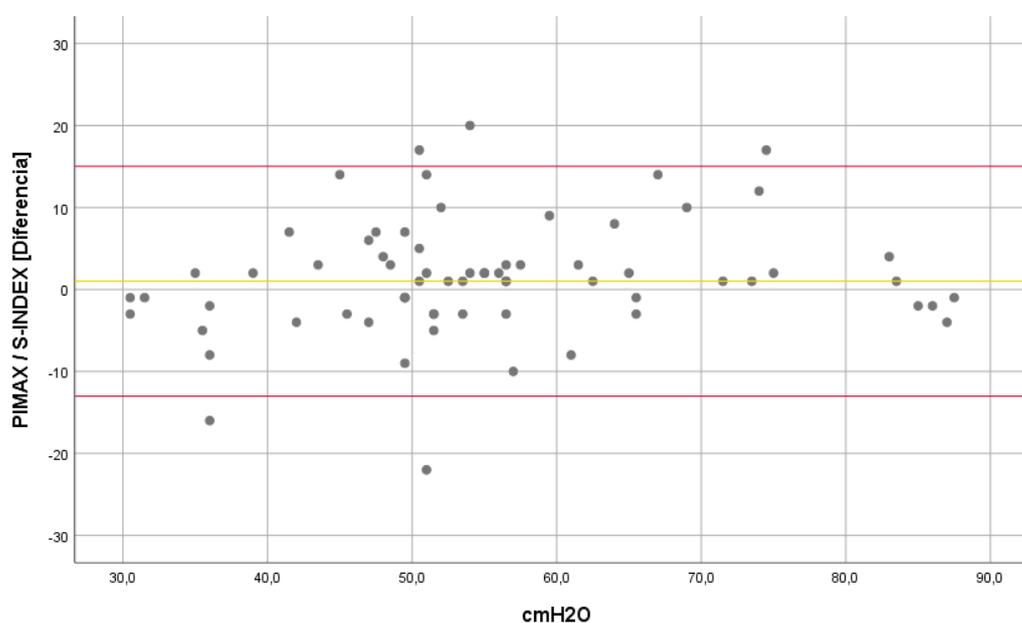


Figura 2. Distribución de las observaciones según método gráfico de Bland-Altman

El sesgo de proporción por análisis de regresión lineal tuvo como resultado un 0,185 ($p > 0,05$) resaltando la tendencia de no concentración hacia límites superiores e inferiores. La correlación de Pearson para la PIMAX y S-Index alcanzó un $r=0,77$ y un $p < 0,0001$ (figura 3).

DISCUSIÓN

En el presente estudio se determinó que no existe diferencias significativas entre los valores de FMI expuestos por un método dinámico (S-Index) y estático (PIMAX), mediante el cálculo del ICC con una confiabilidad del 95 %, fue de 0,87 teniendo un alto nivel de concordancia o similitud entre las medidas, sin embargo, clínicamente si existe discordancia que no se reflejan en el análisis estadístico.

Se debe tener claro que las características técnicas para cuantificar los resultados en ambos dispositivos son distintas. Los manómetros digitales que cuantifican la PIMAX, lo calculan fundamentándose en la obtención

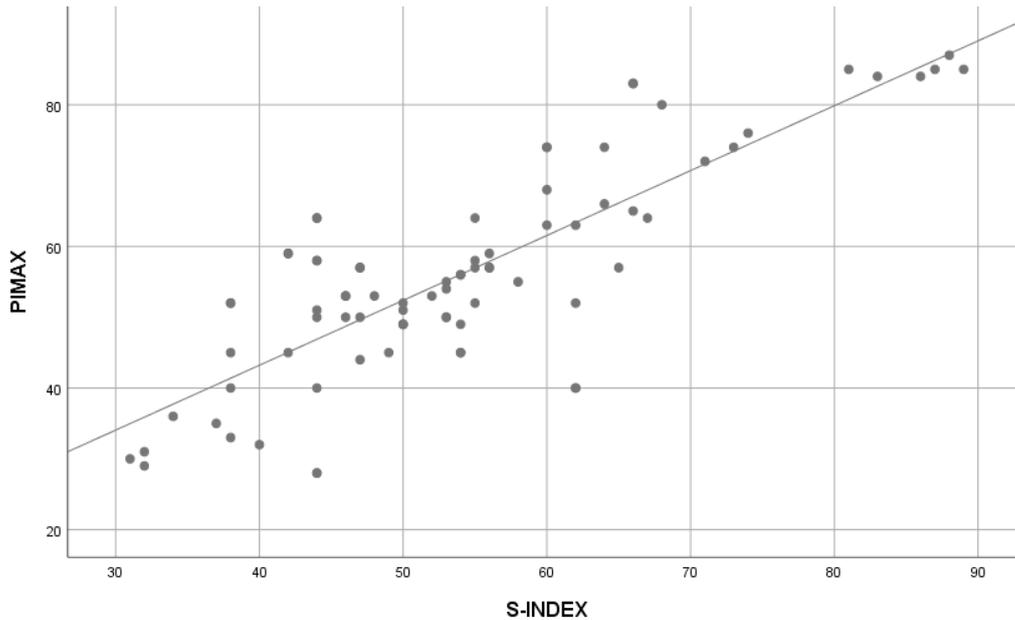


Figura 3. Gráfica de correlación Pearson

de una meseta de presión negativa, obtenida mediante la maniobra de Müller afectando a la capacidad del individuo para llegar a una inspiración forzada ya que tiene la rama inspiratoria ocluida.⁽⁸⁾ Por otro lado, el S-Index durante la maniobra permite la entrada de un flujo donde el individuo puede alcanzar una inspiración profunda, contra una resistencia de carga lineal que transforma la circulación de un flujo determinado en valores de presión.

Para el análisis de la PIMAX se utilizó un manómetro no clínico de manera similar como lo hizo Torres et al, los cuales compararon un manómetro digital no clínico modelo PCE-005 (carga de $-351,5$ a $+351,5$ cmH_2O , una precisión de presión de $\pm 0,2$ % y una resolución de $0,1$ cmH_2O) con el MicroRPM para medir la PIMAX y PEMAX, obteniendo concordancia en sus mediciones. El método para la obtención de los valores fue registrado por ambos instrumentos de manera simultánea en una misma maniobra, con el propósito de respetar el espacio muerto y volumen pulmonar en ambos dispositivos.⁽⁹⁾ Nuestro estudio tuvo un enfoque diferente, sin embargo las características de ambos manómetros no clínicos sólo difieren en mayor visualización de carga y en $0,1$ % de precisión de presión para el equipo utilizado por el mismo Torres et al., bajo esta premisa se pudo inferir que el manómetro digital no clínico Ht-18909 de forma escueta puede medir la PIMAX en sujetos sanos, no obstante dicho instrumento se debe constatar en otro estudio comparado con un manómetro digital sujeto a las regulaciones de salud como el MicroRPM de manera separada.

En el escrito pionero de Areias et al, donde compararon la PIMAX con el S-Index decretaron que existía diferencia significativa entre los valores, sin embargo, en su base estadística revelaron buena concordancia entre los métodos, mencionan que la valoración estática y dinámica pueden llegar a tener una relación y concordancia positiva al medir la fuerza de la musculatura respiratoria en sujetos sanos,⁽⁹⁾ mismos resultados que son enunciados por los presentes autores. La misma idea es apoyada por da Silva et al.⁽¹¹⁾ mencionando que la valoración dinámica y estática de la musculatura respiratoria puede equipararse en población con insuficiencia cardíaca.

La *American Thoracic Society and European Respiratory Society* recomiendan la utilización de manómetros digitales,⁽¹⁾ sin embargo, no se enuncia el lugar que ocuparían los instrumentos dinámicos para cuantificar la FMI. En algunos centros de nuestro medio ocupan el PowerBreathe K5 para cuantificar la PIMAX y los resultados los cotejan con valores de referencia de formulados por Black y Hyatt⁽¹²⁾ y ellos utilizaron manómetros aneroides para predecir los valores normales. Scluser et al, en su trabajo dan a notar variación en los valores de referencia normales de la PIMAX analizados en varios estudios, su foco central de alteración es multifactorial: distintos aspectos metodológicos de la prueba, diferentes instrumentos de medición con sus debidas partes, aprendizaje por parte del paciente al ser una prueba dependiente de la participación del usuario y la necesidad de la cooperación.⁽¹³⁾

Sin embargo, planteamos que cada población tenga sus propios valores de referencia ya que las personas son muy variables entre sí. Rodrigues et al.⁽¹⁴⁾ es su trabajo analizaron las diferentes fórmulas que predicen valores normales de la PIMAX, con la finalidad de observar la importancia a la hora de dar un diagnóstico, llegando a la conclusión que la mayoría sobreestiman la debilidad de los músculos respiratorios. Manifestando

que la pimometría no tendría que enfocarse en un diagnóstico sino en detectar debilidad, para lo cual propone valores absolutos de la PIMAX que se asocian a una mayor probabilidad de detectar debilidad de los músculos inspiratorios, según sexo y edad.^{12,13}

La valoración de la PIMAX y S-Index en este trabajo fue realizada con la misma metodología, evaluadores y comando verbal pasando por alto el ciego evaluativo. A pesar de esto los autores presentan inquietud al observar la media de la PIMAX y S-Index ya que la mayoría de nuestra población presenta debilidad muscular según los aportes del estudio de Rodrigues et al.⁽¹⁴⁾

Nuestro estudio está sujeto a ciertas limitaciones, primero el tamaño de muestra es escueto, segundo fue realizado en sujetos sanos, tercero no se utilizó una válvula tipo snorkel para evitar mayor fuga y por último se utilizó un manómetro digital no clínico. Se propone realizar el mismo estudio con una muestra mayor y utilizar un dispositivo que mida la FIM de carácter clínico para validar los resultados obtenidos. La medición de la FMI incorpora las propiedades viscoelásticas del sistema respiratorio lo que pudiese encubrir la fuerza propia del sistema, por tal motivo se debiese buscar alternativas para la obtención de la PIMAX y PEMAX, el documento pretende plantear una alternativa para la medición de dichos valores.

CONCLUSIÓN

Se pone en relevancia que no existen diferencias significativas entre los valores de S-Index y la PIMAX, además, el manómetro digital no clínico Ht - 18909 mide la FIM estática misma que presenta cierta correlación con los resultados del S-Index correspondiente a la toma de FIM de forma dinámica medida con el sistema operativo del PowerBreathe K5. La diferencia entre las mediciones estática y dinámica si bien es cierto son dos evaluaciones aisladas la una de la otra, tienen un alto grado de concordancia. Por último, se puede mencionar que el manómetro digital usado en este estudio es un instrumento apto para su uso clínico e investigativo en sujetos sanos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2002; 166(4):518-624. <https://doi.org/10.1164/rccm.166.4.518>
2. Gayraud J, Ramonatxo M, Rivier F, Humberclaude V, Petrof B, Matecki S. Ventilatory parameters and maximal respiratory pressure changes with age in Duchenne muscular dystrophy patients. *Pediatric Pulmonology* 2010; 45(6):552-559. <https://doi.org/10.1002/ppul.21204>
3. Baptistella AR, Sarmiento FJ, da Silva KR, Baptistella SF, Taglietti M, Zuquello RÁ, Nunes Filho JR. Predictive factors of weaning from mechanical ventilation and extubation outcome: A systematic review. *Journal of Critical Care* 2018; 48:56-62. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2018.08.023>
4. Silveira BMF, Pereira MCB, Cardoso DR, Ribeiro-Samora GA, Martins HR, Parreira VF. New method for evaluating maximal respiratory pressures: Concurrent validity, test-retest, and inter-rater reliability. *Brazilian Journal of Physical Therapy* 2021; 25(6):741-748. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2021.04.012>
5. Minahan C, Sheehan B, Doutreband R, Kirkwood T, Reeves D, Cross T . Repeated-sprint cycling does not induce respiratory muscle fatigue in active adults: measurements from the powerbreathe® inspiratory muscle trainer. *Journal of Sports Science & Medicine* 2015; 14(1):233.
6. Lee KB, Kim MK, Jeong JR, Lee WH. Reliability of an Electronic Inspiratory Loading Device for Assessing Pulmonary Function in Post-Stroke Patients. *Medical science monitor: international medical Journal of Experimental and Clinical Research* 2016; 22:191-196. <https://doi.org/10.12659/msm.895573>
7. Areias GS, Santiago LR, Teixeira, D. S., & Reis, M. S. (2020). Concurrent Validity of the Static and Dynamic Measures of Inspiratory Muscle Strength: Comparison between Maximal Inspiratory Pressure and S-Index. *Brazilian journal of Cardiovascular Surgery*, 35(4):459-464. <https://doi.org/10.21470/1678-9741-2019-0269>
8. Cook CD, Mead J, Orzalesi MM. Static Volume-Pressure Characteristics Of The Respiratory System During Maximal Efforts. *Journal of Applied Physiology* 1964; 19:1016-1022. <https://doi.org/10.1152/jappl.1964.19.5.1016>
9. Torres-Castro R, Sepúlveda-Cáceres N, Garrido-Baquedano R, Barros-Poblete M, Otto-Yáñez M, Vasconcello L, Vera-Urbe R, Puppo H, Fregonezi G. Agreement between clinical and non-clinical digital manometer for

assessing maximal respiratory pressures in healthy subjects. *PloS One* 2019; 14(10):e0224357. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224357>

10. Areias GS, Santiago LR, Teixeira DS, Reis MS. Concurrent Validity of the Static and Dynamic Measures of Inspiratory Muscle Strength: Comparison between Maximal Inspiratory Pressure and S-Index. *Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery* 2020, 35(4):459-464. <https://doi.org/10.21470/1678-9741-2019-0269>

11. da Silva FMF, Cipriano G, Lima ACGB, Andrade JML, Nakano EY, Chiappa GR, Cahalin LP, Cipriano GFB. Maximal Dynamic Inspiratory Pressure Evaluation in Heart Failure: A Comprehensive Reliability and Agreement Study. *Physical Therapy* 2020; 100(12):2246-2253. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzaa165>

12. Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *The American Review of Respiratory Disease* 1969; 99(5):696-702. <https://doi.org/10.1164/arrd.1969.99.5.696>

13. Sclauser Pessoa IM, Franco Parreira V, Fregonezi GA, Sheel AW, Chung F, Reid WD. Reference values for maximal inspiratory pressure: a systematic review. *Canadian Respiratory Journal* 2014, 21(1):43-50. <https://doi.org/10.1155/2014/982374>

14. Rodrigues A, Da Silva ML, Berton DC, Cipriano G, Jr Pitta F, O'Donnell DE, Neder JA. Maximal Inspiratory Pressure: Does the Choice of Reference Values Actually Matter? *Chest* 2017; 152(1):32-39. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2016.11.045>

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a los investigadores del grupo Resphyrway que fueron quienes formaron la idea para iniciar con la investigación, así como a los estudiantes de terapia física por ser parte del estudio.

FINANCIACIÓN

Ninguna

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Robinson Adrián Rumiguano Jiménez

Metodología: Stalin Javier Caiza Lema

Administración del proyecto: Katherine Pamela Valencia Pasquel

Redacción - borrador inicial: Geovanna Maribel Herrera Herrera, Victoria Estefania Espin Pastor, María Gabriela Romero Rodríguez.

Redacción - revisión y edición: Geovanna Maribel Herrera Herrera, Victoria Estefania Espin Pastor, María Gabriela Romero Rodríguez.