

# Análisis de presión inspiratoria máxima según tres protocolos en estudiantes voluntarios asintomáticos de la Universidad Católica del Maule, Chile

CARLA ADAOS L.\*, ANGELA GONZÁLEZ B.\*, DANIELA SLATER M.\*, PAUL MEDINA G.\*\*\*, RODRIGO MUÑOZ C. \*\*\*\* y MÁXIMO ESCOBAR C. \*\*\*\*

## Analysis of maximal inspiratory pressure according to three protocols in asymptomatic volunteer students at the Catholic University of Maule, Chile

*Maximum inspiratory pressure (MIP) has been used as an indicator of inspiratory muscle strength. Nevertheless their values show a high variability (~20%). The aim of this study was to determine the MIP, according to three protocols in young subjects. An observational cross-sectional study was carried out on a convenience sample of 60 students, 30 men ( $19.2 \pm 0.81$  years-old) and 30 women ( $19.17 \pm 0.91$  years-old). MIP was evaluated according to the protocol defined for each group of 20 participants of both genders: Group 1: American Thoracic Society/European Respiratory Society (ATS/ERS); Group 2: Learning; Group 3: Warming. For the analysis we used descriptive and inferential statistics, a  $p$  value  $< 0.05$  was considered significant. No differences in MIP were found for the three best averages between groups ( $p = 0.078$ ). When comparing the total performance of MIP replicates G3 was higher than G1 and G2 ( $p < 0.0001$ ). The coefficient of variation was higher in G2. It is concluded that the warming protocol (G3) could mitigate the effect of learning.*

**Key words:** Maximal Respiratory Pressures; Maximum Inspiratory Pressure; Muscle Strength; Students; Volunteers; Cross-sectional studies.

## Resumen

*La presión inspiratoria máxima (PIM) ha sido utilizada como indicador de fuerza de la musculatura inspiratoria. No obstante sus valores presentan gran variabilidad (~20%). El objetivo del estudio fue determinar la PIM, según tres protocolos en sujetos jóvenes. Se realizó un estudio observacional de corte transversal en una muestra por conveniencia de 60 estudiantes, 30 hombres ( $19,2 \pm 0,81$  años) y 30 mujeres ( $19,17 \pm 0,91$  años). Se evaluó la PIM según el protocolo definido para cada grupo compuesto por 20 participantes de ambos géneros: Grupo 1: American Thoracic Society/European Respiratory Society (ATS/ERS); Grupo 2: Aprendizaje; Grupo 3: Calentamiento. Para el análisis se utilizó estadística descriptiva, e inferencial considerándose significativo un valor de  $p < 0,05$ . No se encontraron diferencias de PIM de los tres mejores promedios entre grupos ( $p = 0,078$ ). Al comparar el desempeño total de las repeticiones de PIM G3 fue más alto que G1 y G2 ( $p < 0,0001$ ). El coeficiente de variación fue más alto en G2. Se concluye que el protocolo calentamiento (G3) podría atenuar el efecto de aprendizaje.*

**Palabras clave:** Presiones respiratorias máximas; Presión inspiratoria máxima; Fuerza Muscular; estudiantes; Voluntarios; Estudio de corte transversal.

\* Licenciada en Kinesiología.

\*\* Licenciado en Rehabilitación.

\*\*\* Magister en Kinesiología.

\*\*\*\* Laboratorio de Función Ventilatoria, Departamento de Kinesiología, Universidad Católica del Maule. Talca, Chile.

## Introducción

La contracción de los músculos ventilatorios inspiratorios genera gradientes de presión que permiten la entrada de aire hacia los alvéolos, oxigenando la sangre y proporcionando uno de los sustratos más importantes para los procesos metabólicos del organismo, así alteraciones en su función, conducirán a un compromiso de la ventilación alveolar, intercambio gaseoso y aporte de oxígeno a los tejidos<sup>1</sup>.

Una de las formas de evaluar la actividad de la musculatura inspiratoria (MI) es mediante la medición confiable de la presión inspiratoria máxima (PIM)<sup>2</sup>. Existiendo técnicas invasivas más confiables, las no invasivas presentan ventajas que las han ubicado como un método de gran utilidad, y su aplicación más importante es en aquellas disfunciones que en algún momento de su evolución, se vinculan con debilidad de la MI<sup>3</sup>. Su valoración se realiza mediante un test aplicable, en el cual los individuos deben realizar un esfuerzo inspiratorio máximo contra una boquilla ocluida. La prueba tiene las ventajas de no ser invasiva y de ejecutarse rápidamente, sin embargo, es dependiente del esfuerzo<sup>4</sup>.

Diversos estudios han establecido valores referenciales de PIM, no obstante se aprecia que para una misma población, los resultados son muy variables, encontrándose diferencias de aproximadamente 20 cm H<sub>2</sub>O<sup>5</sup>, debido principalmente a los procedimientos metodológicos utilizados en cada estudio, experiencia de los técnicos, precisión de los instrumentos, características antropométricas y demográficas de los sujetos evaluados, grado de motivación y comprensión de la prueba, entre otros<sup>5,6</sup>. Esto condiciona su aplicabilidad y genera cuestionamientos acerca de la reproducibilidad de los resultados obtenidos en dichos estudios.

Dentro de la metodología de las publicaciones que exponen valores de referencia de la PIM, se ha encontrado que la cantidad de repeticiones necesarias para considerar un resultado válido y reproducible ha sido variable, principalmente porque es considerado un test que necesita ser aprendido, por lo que su rendimiento mejorará a medida que se realiza un mayor número de maniobras, lo que se conoce como efecto de aprendizaje en la PIM<sup>8</sup>. Debido a ello, es razonable suponer que una menor cantidad de repeticiones subestimaría los valores reales de la fuerza de la MI<sup>7-11</sup>.

Complementariamente, diversas investigaciones indican que un calentamiento de la MI previo a una medición podría atenuar el efecto de aprendizaje durante ejecuciones repetidas de

PIM, lo que disminuiría la variabilidad<sup>12</sup> y el error aleatorio<sup>13</sup>, permitiendo obtener datos confiables con un menor número de repeticiones.

En Chile, los estudios sobre la evaluación de la PIM se han basado principalmente en la sugerencia de la American Thoracic Society/European Respiratory Society (ATS/ERS), pero no se ha estudiado como el calentamiento o el efecto de aprendizaje influyen en ésta, ni tampoco hay estudios específicos que expongan y aclaren la cantidad de repeticiones necesarias, para que la medición refleje certeramente la fuerza de la MI del sujeto.

Dados los antecedentes es razonable preguntarse si la elección del valor de PIM que se obtiene por medio de las recomendaciones ATS/ERS podría morigerar la fuerza real de la MI. En este contexto, implementar un protocolo de aprendizaje o calentamiento según lo descrito en la literatura, debería incrementar el comportamiento de los valores de PIM en sujetos jóvenes de ambos géneros. El objetivo específico del estudio fue analizar el comportamiento de la PIM según tres protocolos en sujetos jóvenes asintomáticos de ambos sexos.

## Materiales y Métodos

Esta investigación fue desarrollada durante el período comprendido entre agosto de 2014 hasta marzo del año 2015, en el laboratorio de Función Ventilatoria de la Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

### Participantes

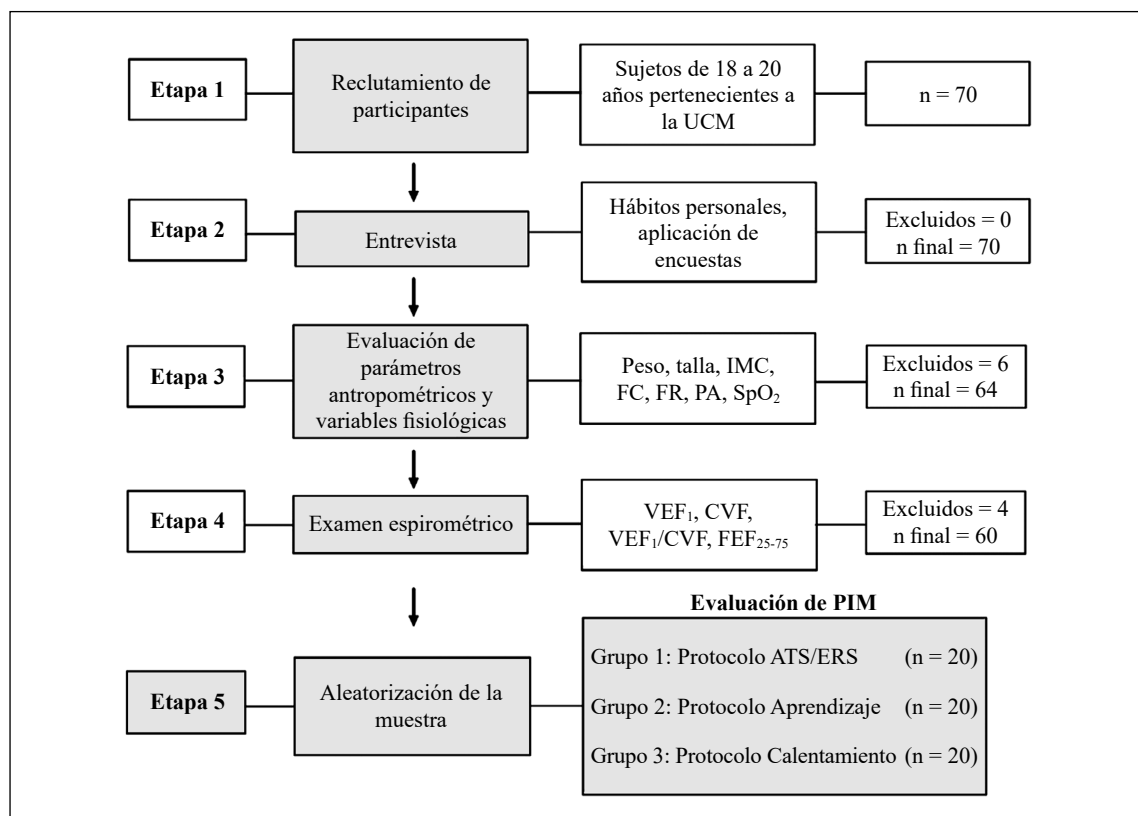
En este estudio observacional exploratorio de corte transversal participaron 60 voluntarios (30 mujeres y 30 hombres) distribuidos en 3 grupos (G1: protocolo ATS/ERS; G2: protocolo de Aprendizaje y G3: protocolo de Calentamiento). La selección de los participantes se dio en un marco de muestreo no probabilístico y por conveniencia, vía contacto directo con cada voluntario. Se consideraron a sujetos entre 18 y 20 años, ambos géneros, estudiantes de la Universidad Católica del Maule, Talca. Las características de incorporación fueron: Puntaje en cuestionario de calidad de vida relacionada con la salud SF12 > 45 para salud física y mental<sup>14</sup>, nivel de actividad física baja o moderada (< 1.500 mets/min/sem) según cuestionario internacional de actividad física (IPAQ, versión corta)<sup>15</sup>, índice de masa corporal (IMC) categorizado según la Organización Mundial de la Salud<sup>16</sup>. No se evaluó a sujetos que presentaran: Patología respiratoria

aguda o crónica, resultados espirométricos menores al 80% del predicho en volumen espiratorio forzado al primer segundo ( $VEF_1$ ) y capacidad vital forzada (CVF), otro tipo de enfermedades agudas o crónicas (no respiratorias), declaración de hábito tabáquico, haber realizado actividad física el día de la evaluación, parámetros fisiológicos como frecuencia cardíaca (FC), frecuencia respiratoria (FR), saturación parcial de oxígeno ( $SpO_2$ ) y presión arterial sistólica (PAS) y diastólica (PAD) alterados.

Los voluntarios aceptaron libremente participar en el estudio firmando un consentimiento informado y todos los procedimientos fueron llevados a cabo acorde a la declaración de Helsinki. La aplicación del estudio fue aprobado por el Comité de Ética Científico de la Universidad Católica del Maule.

**Mediciones**

En la Figura 1 se detalla el esquema de trabajo para la inclusión en el estudio. En la Tabla 1 se



**Figura 1.** Diagrama de flujo de los participantes en el estudio. UCM: Universidad Católica del Maule; n: tamaño de la muestra; SF12: encuesta de calidad de vida relacionada con la salud; IPAQ: encuesta de actividad física, IMC: índice de masa corporal; FC: frecuencia cardíaca; FR: frecuencia respiratoria;  $SpO_2$ : saturación parcial de oxígeno; PAS: presión arterial sistólica; PAD: presión arterial diastólica;  $VEF_1$ : volumen espiratorio forzado al primer segundo; CVF: capacidad vital forzada.  $FEF_{25-75}$ : flujo espiratorio forzado entre el 25 y 75% de la CVF.

**Tabla 1. Protocolos de medición de PIM aplicados a cada grupo**

Grupos	n maniobras	Tiempo entre repetición	Determinación de la PIM
G1 (n = 20)	9	1 min	Valor más alto de las 3 primeras mediciones que presenten una variabilidad $\leq 5\%$
G2 (n = 20)	20	30-40 s	Valor más alto de las 20 maniobras
G3 (n = 20)	9	1 min	Valor más alto de las 3 primeras mediciones que presenten una variabilidad $\leq 5\%$

Grupo 1: ATS/ERS; Grupo 2: Aprendizaje; Grupo 3: Calentamiento. n: número; PIM: presión inspiratoria máxima; min: minutos; s: segundos. Mayor descripción se encuentra en el texto.

enuncian los protocolos y procedimientos realizados para cada grupo, donde se incluyeron un total de 20 sujetos (10 hombres y 10 mujeres) por cada grupo a fin de determinar el protocolo que lograra mayores valores de PIM.

### **Descripción de los protocolos**

**Medición de PIM:** Se midió a través de la maniobra de Müeller, en esta los sujetos debieron realizar 3 ventilaciones a volumen corriente, posteriormente, se indicó que espiraran hasta volumen residual y se incentivó a una inspiración máxima contra la vía aérea ocluida de por lo menos 3 s. **Protocolo ATS/ERS:** Se midió a través de la maniobra de Müeller. Se eligió el valor más alto de los 3 esfuerzos que entre ellos presentarían una variabilidad menor o igual al 5%, se registró la disnea al finalizar el protocolo. **Protocolo de Aprendizaje:** Se efectuó según lo propuesto por Volianitis y cols<sup>12</sup>. Se realizaron 20 maniobras de Müeller consecutivas. Existió un tiempo de descanso de 40 s entre cada repetición. Cada 5 esfuerzos se dio un tiempo de descanso de 1 min. Se eligió el valor más alto de las 20 repeticiones, se registró la disnea al finalizar el protocolo. **Protocolo de Calentamiento:** Se efectuó según lo propuesto por Fiz y cols<sup>8</sup>. Se realizó una maniobra de Müeller como valor basal para el cálculo de la carga de trabajo, se ejecutaron dos series de 30 repeticiones al 40% de la PIM basal, utilizando el PowerBreathe Sport Performance Plus®. Cada una de estas tuvo un descanso de 2 min. Al término de la segunda serie se evaluó la PIM, se eligió el valor más alto de las 3 mediciones que entre ellas, presentarían una variabilidad menor o igual al 5%, se registró disnea al finalizar el protocolo.

**Función ventilatoria.** Se evaluó en un pletismógrafo corporal (Medgraphics™, Platinum, elite series®), que utiliza los valores referenciales de Knudson y cols, basado en el manual de procedimientos de la Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias<sup>17</sup>.

**Fuerza de la musculatura inspiratoria.** La PIM fue evaluada en el mismo pletismógrafo corporal (Tabla 1). Para que una maniobra fuera considerada aceptable, el sujeto debía estar sentado con los pies completamente apoyados y con la espalda recta, posición en la que se indicaba la utilización de pinza nasal y la colocación de manos en las mejillas para evitar realizar succión. Además, la representación gráfica debía ser sin artefactos, sin fugas y con meseta<sup>18</sup>.

**Calentamiento de la musculatura inspiratoria.** Esta actividad precedió a la evaluación de PIM en el grupo tres. Se llevó a cabo con una válvula

umbral de carga ajustable (Powerbreathe® Sport Performance Plus). Se evaluó una maniobra de PIM basal (PIMb) y con este resultado se realizaron dos series de 30 repeticiones al 40% de la PIMb. El intervalo de tiempo entre series y al finalizar el calentamiento fue de 2 min.

Al finalizar cada protocolo se evaluó la disnea mediante una escala numérica, utilizando 0: sin falta de aire; y 10: máxima falta de aire<sup>19</sup>.

### **Evaluadores**

La medición de parámetros antropométricos y fisiológicos fue realizada por dos evaluadores (AGB-DSM), quienes además estaban encargados de entregar el consentimiento informado, encuestas y explicar los objetivos de la evaluación. El tercer evaluador (RMC), certificado en el Instituto Nacional del Tórax (MINSAL), estaba encargado de las mediciones en el pletismógrafo corporal (espirometría y PIM), realizando las correspondientes indicaciones a cada individuo.

### **Análisis estadístico**

Para analizar las variables se utilizó estadística descriptiva, con medidas de tendencia central: media, mediana y cuartiles; y medidas de dispersión: rango, desviación estándar (DS) y coeficiente de variación (CV), además del intervalo de confianza al 95% (IC<sub>95%</sub>). Dentro de la estadística inferencial, se comprobó el supuesto de la distribución normal de los datos con el test Shapiro-Wilks, luego se comparó esta variable entre cada protocolo con ANOVA de una vía y el análisis post hoc con test de Tukey.

Los cálculos y las gráficas se realizaron con el programa estadístico GraphPad Prism 5.0 y se consideraron diferencias con un valor de  $p < 0,05$  como estadísticamente significativas. Para el registro de los datos se utilizó el software computacional Microsoft Excel 2010.

## **Resultados**

Inicialmente fueron contactados setenta voluntarios, de los cuales diez fueron descartados por criterios de inclusión (Figura 1). Las características generales de la muestra se especifican en la Tabla 2. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre grupos para dichas características.

### **Presión inspiratoria máxima**

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar el valor de PIM prome-

Tabla 2. Características generales de los 60 voluntarios estudiados en los 3 protocolos

Variable	Grupo 1: ATS/ERS (n = 20)	Grupo 2: Aprendizaje (n = 20)	Grupo 3: Calentamiento (n = 20)	Valor p <sup>a</sup>
Edad (años)	18,8 ± 0,89	19,4 ± 0,75	19,35 ± 0,81	0,9878
FC (ppm)	71 ± 11	78 ± 12	74 ± 8	0,3058
FR (cpm)	18 ± 2	16 ± 2	17 ± 1	0,3164
SatO <sub>2</sub> (%)	97,7 ± 1,30	96,9 ± 1,12	97,35 ± 1,31	0,2917
PAS (mmHg)	110,45 ± 10,09	107 ± 9,7	112,5 ± 11,22	0,0577
PAD (mmHg)	71,75 ± 9,63	68,15 ± 8,54	67,95 ± 8,04	0,9961
Peso (kg)	61,85 ± 10,63	62,05 ± 6,97	63,32 ± 10,57	0,9688
Talla (m)	1,66 ± 0,09	1,65 ± 0,08	1,67 ± 0,09	0,8943
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	22,27 ± 2,07	22,55 ± 1,42	22,49 ± 1,98	0,9350
IPAQ (met/min/sem)	1.150,68 ± 419,03	1.191,5 ± 429,15	971,25 ± 498,78	0,2315
SF12 físico	54,92 ± 2,76	54,67 ± 4,06	53,26 ± 3,54	0,4091
SF12 mental	53,725 ± 5,35	53,84 ± 4,68	54,43 ± 4,08	0,8798
CVF (L)	4,32 ± 0,85	4,44 ± 1,01	4,49 ± 0,93	0,8423
%CVF*	105,55 ± 10,18	108,2 ± 12,56	107,25 ± 9,06	-
VEF <sub>1</sub> (L)	3,81 ± 0,71	3,81 ± 0,69	3,87 ± 0,81	0,9737
%VEF <sub>1</sub> *	106 ± 7,42	106,05 ± 8,65	106,0 ± 8,66	-

<sup>a</sup>Valor p > 0,05 para diferencia entre grupos. Las variables se expresan en promedio y desviación estándar. FC: frecuencia cardiaca; FR: frecuencia respiratoria; SpO<sub>2</sub>: saturación parcial de oxígeno; PAS: presión arterial sistólica; PAD: presión arterial diastólica; IMC: índice de masa corporal; IPAQ: Cuestionario internacional de actividad física; SF12: cuestionario de calidad de vida relacionado con la salud; CVF: capacidad vital forzada; VEF<sub>1</sub>: volumen espiratorio forzado al primer segundo. \*Los valores espirométricos de referencia utilizados fueron los de Knudson R, Slatin R, Lebowitz M, Burrows B. Am Rev Respir Dis 1976; 113: 587-99.

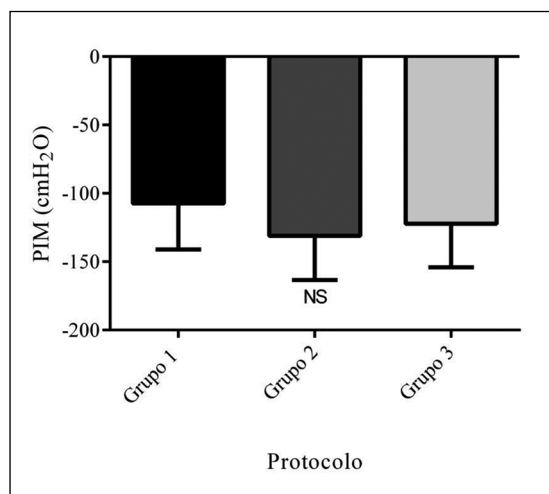
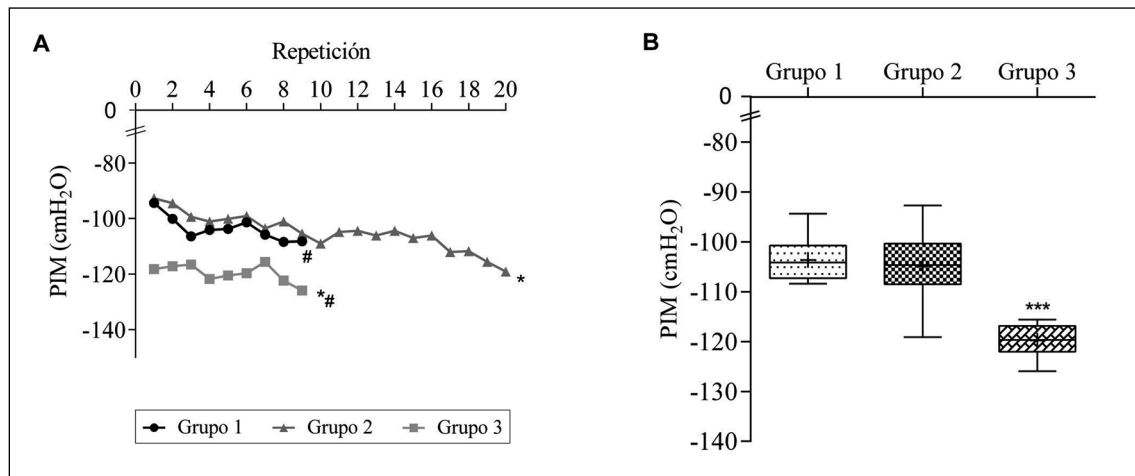


Figura 2. PIM según grupo (Promedio de las tres más altas). Grupo 1: ATS/ERS; Grupo 2: Aprendizaje; Grupo 3: Calentamiento. Prueba estadística N.S., ANOVA y análisis post hoc con test de Tukey (p = 0,078).

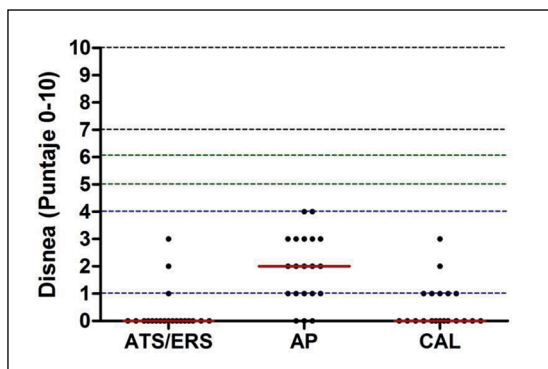
dio de los tres mejores intentos obtenidos según cada grupo (Figura 2). Sin embargo, los resultados del Grupo 2 (G2) y Grupo 3 (G3) fueron mayores que los del Grupo 1 (G1) (G2 versus G1: diferencia media: -23,55, IC<sub>95%</sub> [-48,37 a 1,271] y G3 versus G1: diferencia media: -14,75, IC<sub>95%</sub> [-39,57 a 10,07]) y todos los grupos presentaron una amplia dispersión.

Al comparar los promedios de PIM de todas las repeticiones (Figura 3A), se encontraron diferencias estadísticamente significativas y el análisis post hoc demuestra que el G3 generó los resultados más altos (Tabla 3 y 4) en relación a G1 y G2 (p < 0,0001). Además, se aprecia que este grupo presentó la menor variabilidad (CV: G1: 4,3%; G2: 6,26%; G3: 2,74%)

La distribución de los valores de PIM considerando todas las repeticiones realizadas se detallan en la Figura 3B. Se destaca que el mayor rango fue obtenido en el G2. El G3 presenta valores



**Figura 3.** Comportamiento de la PIM según grupo (promedio del número total de repeticiones). A) Comportamiento de la PIM según repetición para cada grupo; B) Distribución de la PIM según grupo. Grupo 1: ATS/ERS; Grupo 2: Aprendizaje; Grupo 3: Calentamiento. Prueba estadística S., ANOVA y análisis post hoc con test de Tukey (\*\*\*) $p < 0,0001$ . En la Figura 3A la comparación entre ATS/ERS y Calentamiento (#); junto Aprendizaje y Calentamiento (\*) presentan diferencias significativas con  $p < 0,001$ .



**Figura 4.** Comportamiento de la percepción de disnea verbal según protocolo de medición. Gráficos de mediana y dispersión de valores discretos asociados a las mediciones de Presión Inspiratoria Máxima. ATS/ERS = protocolo propuesto por la American Thoracic Association/ European Respiratory Society (Asociación Americana del Tórax/Sociedad Respiratoria Europea); AP = protocolo de Aprendizaje; CAL = protocolo de Calentamiento. La mediana se muestra mediante una línea continua roja, por su parte las líneas discontinuas representan la categorización de disnea ausente (puntaje 0, eje de las abscisas), leve (puntaje 1-4, rango color azul), moderada (puntaje 5-6, rango color verde) y severa (puntaje 7-10, rango color negro) propuesta por Wysham et al<sup>28</sup>.

menos dispersos cuando la PIM es más baja, en cambio, en el G1, los valores más dispersos se corresponden a los más altos.

**Disnea**

El grupo G2 presentó valores más altos con respecto a las otras dos estrategias (Figura 4).

**Discusión**

Los variados aspectos metodológicos de las investigaciones que involucran la PIM han contribuido a la amplitud de valores referenciales para una misma población<sup>5,6</sup>. En consideración a que esta medición pretende detectar condiciones de debilidad de la MI<sup>3</sup>, puede ser la base para la adecuación de cargas de entrenamiento en sujetos con patologías crónicas<sup>20</sup> así como en deportistas de elite<sup>21</sup>, es relevante analizar la ejecución de los procedimientos, en particular, el protocolo que se lleva a cabo para su evaluación.

La ATS en conjunto con la ERS han estandarizado dicha evaluación. Sin embargo, existen antecedentes que han planteado una subestimación del valor real de la PIM<sup>11,13,22</sup>. Al respecto, el presente estudio confirma que el comportamiento de la PIM varía según la metodología empleada. No obstante, todos exhiben un ascenso progresivo a medida que se realizan más repeticiones, el protocolo ATS/ERS es el que genera los resultados más bajos de PIM, en comparación a los otros dos grupos, lo que traduciría menor fuerza de la MI.

**Presión inspiratoria máxima**

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar los valores de PIM según cada protocolo por grupo (Figura 2). En base a este resultado se especula que exista:

1. Una variabilidad intrínseca de los datos obtenidos de PIM. A pesar del intento de homogeneizar la muestra para evitar sesgos y permitir comparaciones precisas, los resultados fueron



**Tabla 3. PIM: Promedio, desviación estándar, rango y coeficiente de variación en género femenino según protocolo**

	ATS/ERS (n = 10)			Aprendizaje (n = 10)			Calentamiento (n = 10)		
	Promedio (cmH <sub>2</sub> O)	Rango (cmH <sub>2</sub> O)	CV (%)	Promedio (cmH <sub>2</sub> O)	Rango (cmH <sub>2</sub> O)	CV (%)	Promedio (cmH <sub>2</sub> O)	Rango (cmH <sub>2</sub> O)	CV (%)
	144,22	125-166	8,05	73,75	46-93	19,18	100,22	76-117	13,77
	64,44	40-94	26,60	85,15	75-106	9,17	75,33	66-85	10,26
	81,22	75-87	6,45	98,10	41-151	33,72	134,00	123-142	4,75
	71,67	53-86	15,97	91,75	79-135	15,96	111,89	95-123	7,85
	113,78	86-135	14,99	76,95	33-107	25,26	100,89	87-111	7,81
	64,67	36-86	22,92	105,85	94-123	6,63	125,22	119-133	3,59
	102,44	78-131	20,36	100,95	70-126	16,40	91,00	74-101	9,19
	95,22	78-113	11,04	59,90	30-80	24,75	59,78	46-101	27,66
	134,11	117-154	11,92	98,60	67-119	12,83	94,11	86-105	7,52
	73,22	39-98	23,87	144,25	131-157	4,84	161,33	99-194	17,13
Promedio	94,50			93,53			105,38		
DS	± 28,71			± 22,84			± 29,34		

CV: Coeficiente de variación; DS: Desviación Estándar; n: número de sujetos por grupo.

**Tabla 4. PIM: Promedio, desviación estándar, rango y coeficiente de variación en género masculino según protocolo**

	ATS/ERS (n = 10)			Aprendizaje (n = 10)			Calentamiento (n = 10)		
	Promedio (cmH <sub>2</sub> O)	Rango (cmH <sub>2</sub> O)	CV (%)	Promedio (cmH <sub>2</sub> O)	Rango (cmH <sub>2</sub> O)	CV (%)	Promedio (cmH <sub>2</sub> O)	Rango (cmH <sub>2</sub> O)	CV (%)
	111,22	84-137	17,05	91,80	75-112	10,53	141,00	128-154	6,59
	115,56	102-135	10,29	98,40	73-121	12,41	167,67	137-187	8,16
	159,33	143-166	4,40	187,45	163-204	5,59	151,33	138-175	8,98
	92,44	78-106	10,38	71,05	57-86	10,99	142,56	95-205	27,38
	99,78	85-116	10,60	102,90	82-123	10,54	118,56	108-130	6,17
	136,56	116-165	12,66	107,75	62-171	26,25	73,11	53-97	25,46
	53,56	46-61	9,84	151,35	135-172	7,19	141,33	130-162	7,30
	123,44	93-151	15,86	97,90	78-121	10,69	110,22	100-122	6,48
	72,56	56-86	13,08	125,40	74-156	16,19	163,67	131-189	12,67
	163,11	94-177	16,09	128,30	100-168	11,77	132,00	121-149	6,74
Promedio	112,76			116,23			134,15		
DS	± 35,11			± 33,46			± 27,90		

CV: Coeficiente de variación; DS: Desviación Estándar; n: número de sujetos por grupo.

dispersos en los tres grupos, lo que demuestra que los valores de PIM pueden ser altamente esfuerzo dependiente, hasta en sujetos aparentemente sanos con similares características. De esta manera es razonable suponer que los sujetos con deterioro de la MI podrían generar datos aún más dispersos.

2. La posibilidad de que el número de participantes en cada grupo haya sido insuficiente para generar comparaciones más adecuadas.

A pesar de estos factores, creemos importante destacar la tendencia incipiente que existe entre cada grupo, donde los sujetos sometidos a los

protocolos “Aprendizaje” y “Calentamiento” generaron valores superiores a los participantes del grupo con el protocolo “ATS/ERS”.

La evidencia ha sugerido un efecto de aprendizaje durante la evaluación de la fuerza isométrica máxima de la MI, que influye en los valores basales y las mediciones posteriores de PIM<sup>12,23,24</sup>. Esto coincide con lo encontrado en el presente estudio, donde el valor de la PIM fue aumentando a medida que avanzaban las repeticiones en los tres grupos (Figura 3A), lo que indica que el desempeño mejora a medida que el sujeto se va familiarizando y logra comprender la maniobra. De hecho, la variabilidad relacionada con el número de maniobras realizadas puede dar lugar a una subestimación de hasta -20 cm H<sub>2</sub>O<sup>24</sup>. En este aspecto, es pertinente tener en consideración que mejoras en la PIM, producto de una terapia de rehabilitación, principalmente en enfermedades agudas o crónicas, pueden simplemente reflejar una familiarización con la maniobra en lugar de mejoras específicas en las propiedades de los músculos inspiratorios.

Además, algunos estudios han demostrado que la realización de una actividad previa submáxima de la MI, es decir, someter a sujetos a un calentamiento, conduce a un mejor rendimiento en la prueba de evaluación de la PIM<sup>12,13</sup>, lo que se explicaría por el aumento de la excitabilidad periférica y disminución de la excitabilidad cortico-espinal del diafragma<sup>25</sup>, junto con la mejora en la sinergia de la MI<sup>26</sup>. Nuestros resultados concuerdan con dichas investigaciones, principalmente al considerar el rendimiento completo del G3 (las 9 repeticiones) (Figura 3). Podemos destacar que el resultado promedio de este grupo fue más alto, presentando una menor variabilidad y rango, siendo esto, un comportamiento más estable. Desde la primera repetición los valores fueron más altos, siendo incluso similares a los resultados obtenidos en las últimas maniobras del G3, lo cual indica que es posible atenuar el efecto de aprendizaje y lograr valores máximos de PIM realizando un calentamiento previo de la MI.

**Disnea.** Se ha estudiado la aparición de fatiga muscular inspiratoria, sometiendo a individuos a cargas sub-máximas (35-90% de la PIM) hasta el abandono de la prueba, encontrándose que los sujetos que la abandonaron (individuos sometidos a cargas del 70-90% de la PIM) presentaban una mayor acumulación de CO<sub>2</sub>, disminución de la oximetría de pulso: SpO<sub>2</sub>, mayor disnea y no precisamente fatiga inspiratoria, ya que en el momento posterior al abandono de la prueba, la PIM era similar a sus valores basales<sup>27,28</sup>. En el presente estudio, el rendimiento de los individuos

no se vio afectado y ninguno de ellos abandonó las evaluaciones. Los sujetos del G1 y G3 presentaron valores mínimos de disnea, a pesar de que este último realizara un calentamiento previo a la medición de PIM. Las valoraciones superiores de los sujetos del G2 en la disnea se podrían atribuir principalmente a la exigencia impuesta por este protocolo, ya que constaba de una mayor cantidad de repeticiones y un tiempo de descanso menor, conduciendo a una mayor sensación de falta de aire, lo que en estudios se ha relacionado con una progresiva hipercapnia e hipoxemia<sup>27,28</sup>. Cabe destacar el carácter subjetivo de la percepción de disnea que conduce a que exista mayor variabilidad entre sujetos (Figura 4), por lo cual es difícil realizar una estimación grupal de los resultados para su comparación<sup>19</sup>.

### **Importancia clínica**

Gosselink et al., en su meta-análisis sobre entrenamiento de la MI en pacientes con EPOC, encontraron un aumento de la PIM post entrenamiento de -13 cm H<sub>2</sub>O, que también se acompañó de un incremento clínicamente significativo en la distancia recorrida en la prueba de caminata 6 min, de una mejoría de la calidad de vida y una disminución de la disnea<sup>20</sup>. Por otra parte, el aumento de -7 cm H<sub>2</sub>O después del entrenamiento de la MI en pacientes críticamente enfermos sometidos a ventilación mecánica (VM), se asocia con un destete (desconexión) más rápido, reducción del índice de Tobin, y disminución del tiempo en VM no invasiva post-extubación<sup>29</sup>. En el presente estudio, pese a que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar los tres promedios más altos entre grupos (al determinar la PIM según Tabla 1), debemos destacar que la extrapolación clínica de estas diferencias podrían ser relevantes, ya que leves variaciones en la PIM son traductores de cambios funcionales en los sujetos, especialmente si esto se desea vincular a individuos con patologías crónicas, aspecto en el cual sería interesante el protocolo de valoración.

Al momento de realizar entrenamiento de la MI en pacientes crónicos, los estudios han referido cambios en la PIM y en las características funcionales a partir de la octava semana<sup>30</sup>. Sin embargo, existe la posibilidad de que las cargas sean confiables pero inválidas. Aquí radica la beneficencia de un dato cercano a la fuerza real de la MI para una intervención adecuada, utilizando cargas válidas que efectivamente impacten en las características funcionales de estos individuos. Tal condición, morigeraría el sub-entrenamiento de la musculatura inspiratoria



con cargo a los tiempos de tratamiento y a los respectivos beneficios.

### Proyecciones

Debido a que el estudio se realizó en sujetos jóvenes, hombres y mujeres, aparentemente sanos, sería interesante proyectar investigaciones hacia sujetos que presenten patologías que cursen con debilidad de la MI con el objetivo de conocer el comportamiento de esta variable, principalmente en la aplicación del calentamiento previo de la MI.

Por otra parte, es importante que las evaluaciones realizadas bajo situaciones más controladas, por ejemplo en el laboratorio de función pulmonar, sean transferidas a la práctica clínica, así mejorar su accesibilidad y disminuir los costos, por lo que es pertinente integrar un dispositivo de campo al aplicar los diferentes protocolos.

### Limitaciones

Las pruebas no se realizaron a un mismo grupo, sino que a tres grupos aleatorizados de sujetos distintos, con características demográficas, antropométricas y de género que permitían su comparación. Sin embargo, también puede haber sesgos debido a variables no controladas. En el contexto de la validez externa de los resultados, la muestra de participantes no es representativa de población general y el número de sujetos reclutados hace que el análisis según los protocolos descritos sea de tipo exploratorio. De esta manera, se proyecta aplicar esta propuesta considerando un mayor número de sujetos por grupo y garantizar la expresión de variabilidad demográfica y funcional.

En conclusión los resultados obtenidos sugieren la posibilidad que el calentamiento previo de la MI pudiese lograr mayores valores de PIM en sujetos hombres y mujeres aparentemente sanos. La realización de una amplia cantidad de repeticiones de la maniobra, traduce mayor familiarización y comprensión de esta prueba. Sin embargo, la ejecución de un calentamiento podría atenuar este proceso, llegando a datos superiores y más estables, donde los niveles de *discomfort* y cansancio no interfieren con su correcta ejecución. Se constata la sensibilidad de la prueba a los aspectos técnicos, metodológicos y personales, por lo que es necesario controlar de forma estricta estos factores para disponer de datos consistentes.

### Bibliografía

- 1.- WEST J. Fisiología respiratoria. Madrid: Lippincott Williams and Walters Kluver; 2009.
- 2.- RODRÍGUEZ I. Confiabilidad de la fuerza muscular respiratoria y flujos espiratorios forzados en adolescentes sanos. Rev Chil Enferm Respir 2015; 31: 86-93.
- 3.- ESCOBAR J. Entrenamiento muscular inspiratorio en pacientes con distrofia muscular de Duchenne. Una visión controversial. Revista Estudios en Movimiento 2015; 2: 7-16.
- 4.- AMERICAN THORACIC SOCIETY/EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY. ATS/ERS statement on respiratory muscle testing. Am J Respir Crit Care Med 2002; 166: 518-624.
- 5.- SCLAUSER I, FRANCO V, FREGONEZI G, SHEEL W, CHUNG F, REID D. Reference values for maximal inspiratory pressure: A systematic review. Can Respir J 2014; 21: 43-50.
- 6.- EVANS J, WHITELAW W. The assessment of maximal respiratory mouth pressures in adults. Respir Care 2009; 54: 1348-59.
- 7.- RINGQVIST T. The ventilatory capacity in healthy subjects: An analysis of causal factors with special reference to the respiratory forces. Scand J Clin Lab Invest 1966; 88: 5-179.
- 8.- FIZ J, MONTSERRAT J, PICADO C, PLAZA V, AGUSTI-VIDAL A. How many manoeuvres should be done to measure maximal inspiratory mouth pressure in patients with chronic airflow obstruction? Thorax 1989; 44: 419-21.
- 9.- LARSON J, COVEY M, VITALO C, ALEX C, PATE M, KIM M. Maximal inspiratory pressure. Learning effect and test retest reliability in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Chest 1993; 104: 448-53.
- 10.- WEN A, WOO M, KEENS T. How many maneuvers are required to measure maximal inspiratory pressure accurately? Chest 1997; 111: 802-7.
- 11.- TERZI N, CORNE F, MOUADIL A, LOFASO F, NORMAND H. Mouth and nasal inspiratory pressure: learning effect and reproducibility in healthy adults. Respiration 2010; 80: 379-86.
- 12.- VOLIANITIS S, MCCONNELL A, JONES D. Assessment of maximum inspiratory pressure. Prior submaximal respiratory muscle activity ('warm-up') enhances maximum inspiratory activity and attenuates the learning effect of repeated measurement. Respiration 2001; 68: 22-7.
- 13.- LOMAX M, MCCONNELL A. Influence of prior activity (warm-up) and inspiratory muscle training upon between- and within-day reliability of maximal inspiratory pressure measurement. Respiration 2009; 78: 197-202.
- 14.- SF12-RCH.pdf [consultado el 4 de agosto de 2014]. Disponible en: <http://www.hss.edu/physician-files/huang/SF12-RCH.pdf>.
- 15.- MANTILLA S, GÓMEZ-CONESA A. El cuestionario internacional de actividad física. Un instrumento adecuado en el seguimiento de la actividad física poblacional. Rev Iberoam Fisioter Kinesiol 2007; 10: 48-52.
- 16.- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS).

- Comité de Expertos de la OMS sobre el estado físico: El estado físico: uso e interpretación de la antropometría. Serie de informes técnicos, 854. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 1995.
- 17.- GUTIÉRREZ C M, BEROÍZA T, BORZONE G, CA-  
VIEDES I, CÉSPEDES J, GUTIÉRREZ N M, et al.  
Espirometría: Manual de procedimientos. Sociedad  
Chilena de Enfermedades Respiratorias 2006. *Rev Chil  
Enferm Respir* 2007; 23: 31-42.
  - 18.- BURGOS F, CASAN P. Manual SEPAR de procedi-  
mientos 4. Procedimientos de evaluación de la función  
pulmonar II. Barcelona: Permanyer; 2004.
  - 19.- GIFT A, NARSAVAGE G. Validity of the numeric  
rating scale as a measure of dyspnea. *Am J Crit Care*  
1998; 7: 200-4.
  - 20.- GOSSELINK R, DE VOS J, VAN DEN H, SEGERS J,  
DECRAMER M, KWAKKEL G. Impact of inspiratory  
muscle training in patients with COPD: What is the  
evidence. *Eur Respir J* 2011; 37: 416-25.
  - 21.- HAJGHANBARI B, YAMABAYASHI C, BUNA T,  
COELHO J, FREEDMAN K, MORTON T, et al. Effect  
of respiratory muscle training on performance on athle-  
tes: a systematic review with meta-analyses. *J Strength  
Cond Res* 2013; 27: 1643-63.
  - 22.- MELDRUM D, CAHALANE E, KEOGAN F, HAR-  
DIMAN O. Maximum voluntary isometric contraction:  
investigation of reliability and learning effect. *Amyotro-  
ph Lateral Scler Other Motor Neuron Disord* 2003; 4:  
36-44.
  - 23.- WEN A, WOO M, KEENS T. How many maneuvers  
are required to measure maximal inspiratory pressure  
accurately? *Chest* 1997; 111: 802-7.
  - 24.- ROSS E, ALEXANDER V, NOWICKY A, MCCON-  
NELL A. Influence of acute inspiratory loading upon  
diaphragm motor-evoked potentials in healthy humans.  
*J Appl Physiol* 2007; 102: 1883-90.
  - 25.- HAWKES E, NOWICKY A, MCCONNELL A. Dia-  
phragm and intercostal surface EMG and muscle per-  
formance after acute inspiratory muscle loading. *Respir  
Physiol Neurobiol* 2007; 155: 213-9.
  - 26.- MCKENZIE D, ALLEN G, BUTLER J, GANDEVIA  
S. Task failure with lack of diaphragm fatigue during  
inspiratory resistive loading in human subjects. *J Appl  
Physiol* 1997; 82: 2011-9.
  - 27.- GORMAN R, MCKENZIE D, GANDEVIA S. Task  
failure, breathing discomfort and CO<sub>2</sub> accumulation  
without fatigue during inspiratory resistive loading in  
humans. *Respir Physiol* 1999; 115: 273-86.
  - 28.- WYSHAM N, MIRIOVSKY B, CURROW D, HERN-  
DON J, SAMSA G, WILCOCK A, et al. Practical  
dyspnea assessment: relationship between the 0-10  
numerical rating scale and the four-level categorical  
verbal descriptor scale of dyspnea intensity. *J Pain  
Symptom Manage.* 2015, 50:480-7. doi: 10.1016/j.  
jpsymman.2015.04.015
  - 29.- CADER S, GOMES DE SOUZA R, ZAMORA V, COS-  
TA C, DANTAS E. Extubation process in bed-ridden  
elderly intensive care patients receiving inspiratory  
muscle training: a randomized clinical trial. *Clin Interv  
Aging* 2012; 7: 437-43.
  - 30.- PETROVIC M, REITER M, ZIPKO H, POHL W,  
WANKE T. Effects of inspiratory muscle training on  
dynamic hyperinflation in patients with COPD. *Int J  
Chron Obstruct Pulmon Dis* 2012; 7: 797-805.

---

Correspondencia a:  
Máximo Escobar C.  
Magister en Kinesiología.  
Avda. San Miguel 3605, Talca VII Región. Chile.  
Email: maxfescobar@gmail.com