

Comparación de dos piezas bucales en la medición de PImáx y PEmáx en sujetos adultos

Autores: Herrero María Victoria¹, Faggionato Martina¹, Cigarra Cecilia Mariela¹, Rigoni María Luz¹, de la Cruz Mariano Agustín¹, Díaz Ballvé Pablo²

¹Hospital Petrona Villegas de Cordero, San Fernando, Pcia Buenos Aires, Argentina

²Hospital Profesor Alejandro Posadas, El Palomar, Pcia Buenos Aires, Argentina

Resumen

Objetivos: Comparar y establecer el grado de acuerdo entre los valores de Presión Inspiratoria máxima (PImáx) y Presión Espiratoria máxima (PEmáx) medidos con pipeta bucal y boquilla de buceo, en adultos. El objetivo secundario fue evaluar el grado de acuerdo entre los valores calculados con las ecuaciones de Evans y Whitelaw y los valores máximos obtenidos con cada interfaz.

Materiales y método: Se llevó a cabo un estudio observacional, descriptivo, prospectivo y transversal. Se realizó un muestreo consecutivo no probabilístico de sujetos argentinos entre 18 y 69 años de edad. Se midieron PImáx y PEmáx utilizando un sistema de válvulas unidireccionales y un manovacuómetro anerode, con boquilla de buceo y pipeta bucal.

Resultados: Se incluyeron 240 sujetos que completaron la totalidad de las mediciones con ambas interfaces. Los valores de PEmáx con pipeta bucal fueron mayores que los obtenidos con boquilla de buceo ($p < 0.01$), con un Coeficiente de Correlación Intraclase (ICC sigla en inglés) entre ambas de 0.80 (IC 95% 0.74-0.84). Para PImáx no hubo diferencias entre ambas interfaces, con un ICC de 0.88 (IC 95% 0.85-0.91). Los ICC para las ecuaciones de Evans y Whitelaw y los máximos valores alcanzados por los sujetos fueron de -0.15 a 0.09 mostraron un grado de acuerdo pobre.

Conclusión: Los valores de PEmáx con pipeta bucal fueron mayores que los obtenidos con la boquilla de buceo. No se detectaron diferencias entre ambas interfaces para PImáx. En la población estudiada las fórmulas de Evans y Whitelaw no fueron exitosas en la predicción de presiones máximas.

Palabras clave: pieza bucal, músculos respiratorios, presiones respiratorias máximas

Abstract

Comparison of two mouthpieces in the measurement of MIP and MEP in adults

Objectives: To compare and establish the degree of agreement between the values of Maximal Inspiratory Pressure (MIP) and Maximal Expiratory Pressure (MEP) measured with a plastic mouthpiece and a scuba type mouthpiece in adults. The secondary objective was to evaluate the degree of agreement between the values calculated with Evans and Whitelaw equation and the maximal values attained with each mouthpiece.

Methods: We conducted an analytical observational transversal study. Sampling was non-probabilistic, of Argentinian subjects aged between 18 and 69 years old. We measured MIP and MEP with an unidirectional valves system and an aneroid manovacuometer, with a plastic mouthpiece and a scuba type mouthpiece.

Results: 240 subjects were included and completed all the measurements with both mouthpieces. MEP values were higher when measured with a plastic mouthpiece than with the scuba type ($p < 0.01$), with an Intraclass Correlation Coefficient (ICC) between both of 0.80 (CI 95% 0.74-0.84). There were no differences in MIP between both mouthpieces, with an ICC of 0.88 (CI 95% 0.85-0.91). The ICC between Evans and Whitelaw predictive values and the maximal values attained by the subjects varied from -0.15 to 0.09, showing a poor degree of agreement.

Conclusion: MEP values attained with a plastic mouthpiece are greater than those attained with a scuba type mouthpiece. There are no differences between both mouthpieces for MIP. Evans and Whitelaw equations are not successful in predicting maximal pressures in the population here studied.

Key words: mouthpiece, respiratory muscles, maximal respiratory pressure

Introducción

La medición de las presiones generadas a nivel bucal durante esfuerzos respiratorios **máximos** es una manera simple de evaluar la fuerza de los músculos inspiratorios y espiratorios. Esto puede realizarse mediante exámenes no invasivos y bien tolerados que permiten conocer la presión estática inspiratoria máxima (PImáx) y la presión estática espiratoria máxima (PEmáx) que una persona puede generar durante un esfuerzo^{1,2}. Estas pruebas consisten en que el paciente genere la máxima presión inspiratoria y espiratoria contra un sistema ocluido que traduzca dicho esfuerzo a un valor absoluto. La medición de estas presiones resulta de gran utilidad clínica en el diagnóstico y seguimiento de enfermedades que afectan los músculos respiratorios^{1,3}.

El dispositivo necesario para realizar las mediciones consiste en una interfaz conectada a una pequeña cámara con sistema valvular unida a un transductor de presión, el cual puede ser aneroide o digital⁴. El sistema requiere un orificio de fuga de aproximadamente 2 mm de diámetro interno para prevenir el cierre de la glotis durante la medición de PImáx y reducir el uso de músculos bucales durante la maniobra de PEmáx^{1,2}. Existe una amplia variedad de interfaces que puede ser utilizada en la realización de la maniobra. En la literatura se ha descrito el empleo de boquilla de buceo^{1,2,5-9}, pieza bucal cilíndrica^{5,7,10-14}, pipeta bucal⁹ e incluso hay evidencia de autores que han realizado dichas mediciones con una máscara^{10,15,16}.

Por convención y para estandarizar las mediciones, la PImáx se mide a partir del volumen residual o lo más cercano a éste, y la PEmáx a partir de la capacidad pulmonar total o lo más cercano a ésta^{1,14}. En cuanto a la cantidad de mediciones necesarias a realizar en una evaluación la *American Thoracic Society* (ATS) y la *European Respiratory Society* (ERS) recomiendan tomar el máximo valor de 3 maniobras con menos de 20% de variabilidad entre ellas. Asimismo, se han establecido pautas de entrenamiento previo e instrucciones para proporcionar al paciente durante las maniobras¹. Diversos estudios han reportado los rangos de normalidad y ecuaciones de regresión que permiten estimar los valores de PImáx y PEmáx en sujetos sanos^{1,2,5,6,11,14,17-19}. Las ecuaciones que utilizamos en nuestra institución son las formuladas por Evans y Whitelaw en el 2009; estos autores, al igual que la ATS y ERS recomiendan el uso de la boquilla de buceo. Dichas ecuaciones se dividen por sexo y consideran la edad de los sujetos, presentando poca variación hasta los 69 años de edad. También incluyen fórmulas para calcular el Límite Inferior de Normalidad (LIN) de cada maniobra^{1,2}.

De las boquillas anteriormente descritas, en nuestro ámbito de trabajo disponemos de la pipeta bucal de plástico rígido a la cual tenemos fácil acceso por encontrarse dentro del "set" de nebulización. Además, esta interfaz tiene la ventaja de ser económica y esterilizable. Si bien no contamos con un análisis de datos objetivos registrados, hemos observado en la práctica cotidiana que al realizar las mediciones de PImáx y PEmáx con dicha interfaz la frecuencia de fugas aéreas peribucales parecía ser menor que con la boquilla de buceo. Por otro lado, los valores alcanzados por nuestros pacientes en reiteradas ocasiones superaban los valores teóricos calculados, independientemente de la interfaz utilizada. Debido a que no hemos encontrado evidencia respecto del uso de pipeta bucal con manovacuómetro aneroide, hemos desarrollado un trabajo cuyo objetivo primario es comparar y establecer el grado de acuerdo entre los valores de PImáx y PEmáx medidos con pipeta bucal y boquilla de buceo en adultos. El objetivo secundario es evaluar el grado de acuerdo entre los valores teóricos calculados con la fórmula de Evans y Whitelaw y los valores máximos obtenidos con cada interfaz.

Materiales y método

Se llevó a cabo un estudio observacional, descriptivo, prospectivo y transversal. El Comité de Docencia e Investigación, el Comité de Bioética y la Dirección del Hospital autorizaron la realización de este estudio.

Ámbito: La toma de mediciones se realizó en el período comprendido entre Diciembre de 2015 y Diciembre de 2016 en el sector de Gimnasio y Consultorios Externos de la Unidad de Internación de Kinesiología.

Sujetos: Los participantes del estudio ingresaron mediante muestreo consecutivo no probabilístico. Los criterios de inclusión fueron: sujetos de raza caucásica entre 18 y 69 años de edad que manifestaran verbalmente no tener enfermedades respiratorias agudas o crónicas al momento de la medición. Los criterios de exclusión fueron: sujetos que refirieran tener alteraciones de la caja torácica, enfermedades cardiovasculares, trastornos neurológicos o patologías neuromusculares; periodo post quirúrgico inmediato; dificultad para realizar cierre labial completo; no aceptación para firmar el consentimiento informado. Para conservar el anonimato de los participantes y garantizar la confiabilidad de los datos, se le asignó un número a cada sujeto.

Variables: Las variables primarias en estudio fueron PImáx y PEmáx, definidas como las máximas presiones estáticas inspiratorias y espiratorias registradas durante un máximo esfuerzo voluntario. Para su medición se empleó un manovacuómetro Meco® con rango de presiones ± 150 cmH₂O y marcas cada 2.5 cmH₂O, utilizándose una escala cuantitativa continua. El dispositivo fue calibrado por el fabricante previamente al inicio del estudio con el método de columna de agua en valores ascendentes y descendentes de presión y vacío; posteriormente se siguió la frecuencia recomendada por el mismo para su recalibración. Las variables secundarias fueron: edad en años (escala cuantitativa discreta); sexo (escala cualitativa dicotómica); peso en kilogramos (escala cuantitativa discreta); altura en metros (escala cuantitativa continua) e índice de masa corporal definido como el resultado de la división del peso en kilogramos sobre el cuadrado de la altura en metros (escala cuantitativa continua).

Para la realización de las mediciones se utilizó un sistema de válvulas unidireccionales basado en el modelo descrito por Arce y De Vito²⁰ (**Figura 1**). Las piezas bucales empleadas fueron la boquilla de buceo de silicona de la marca IST®, modelo MP-1 (**Figura 2**) y la pipeta bucal incluida en el “set” de nebulización modelo Micro Mist de Hudson RCI® (ref. 1882) (**Figura 3**). Ambas presentan un conector adaptable de 22 mm.

Randomización: Las mediciones se dividieron en 4 grupos según el esfuerzo solicitado y la interfaz a utilizar: PImáx con Pipeta bucal (PIP), PImáx con Boquilla de buceo (PIB), PEmáx con Pipeta bucal (PEP) y PEmáx con Boquilla de buceo (PEB). Estos 4 grupos pueden combinarse de 24 formas distintas para que sean realizados en todos los órdenes posibles. Es por esto que se implementó una randomización del orden de las maniobras en bloques de 24 combinaciones diferentes, colocándose cada orden asignado en un sobre opaco cerrado. Cada sujeto tomó un sobre luego de ser incluido en el estudio.

Tamaño y poder muestral: El tamaño de la muestra se definió en 240 sujetos, el cual surge de repetir 10 veces los bloques randomizados de 24 combinaciones posibles. Con esta n se alcanzó una potencia de 98%, asumiendo un error alfa del 5% para una diferencia mínima esperada de 10 cmH₂O para los dos métodos (SD ± 27 cmH₂O). La dispersión se obtuvo de una muestra piloto de 48 sujetos (2 bloques de 24).



Figura 1. Sistema basado en el descrito por Arce y De Vito

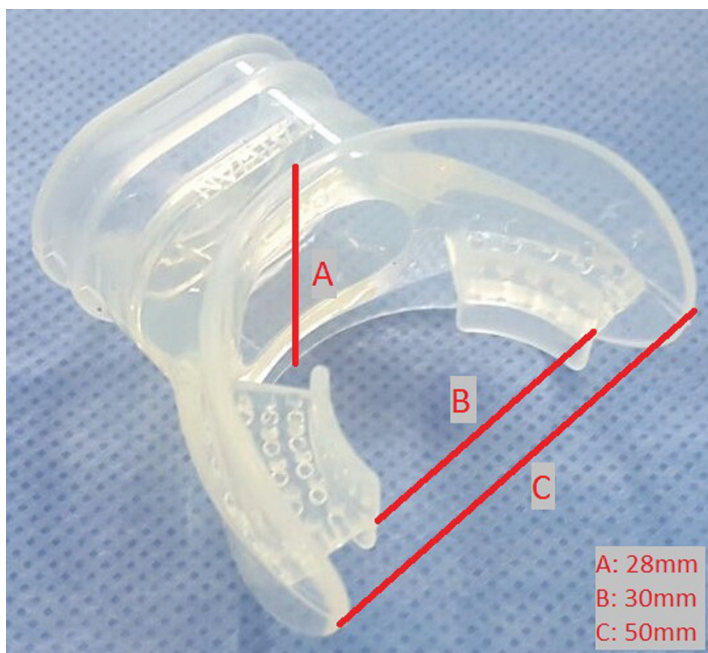


Figura 2. Boquilla de buceo

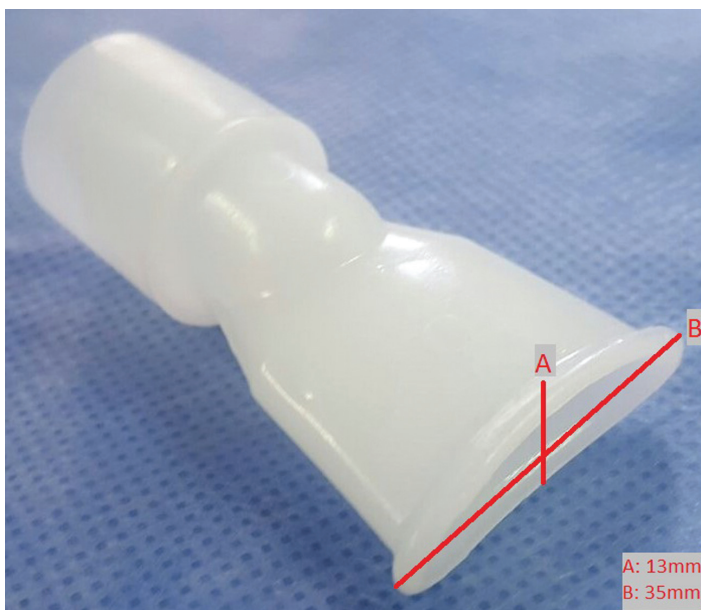


Figura 3. Pipeta bucal

Procedimiento: Cada sujeto permaneció sentado en una silla con las manos sobre sus muslos y sus brazos relajados, manteniendo la espalda apoyada en el respaldo y los pies en el suelo. Se utilizó un clip nasal para evitar fugas, sólo se le permitió usar sus manos para acomodar la boquilla o pipeta dentro de su boca. Se colocó la interfaz y se solicitó el esfuerzo de P_{Imáx} y P_{Emáx} de acuerdo al orden aleatorizado de las maniobras. Antes del inicio de las mediciones se dieron a los participantes las siguientes instrucciones: “Durante las repeticiones deberá cerrar sus labios fuertemente para evitar fugas de aire alrededor de la pipeta o boquilla, y si sintiera que las mismas ocurren, debe avisarnos. Debido a que el objetivo es registrar los mayores valores de presiones que usted es capaz de lograr, lo/la alentaremos durante cada repetición, y le diremos cuándo detener el esfuerzo. Se le dará un tiempo de descanso entre cada repetición, y debe informarnos si ocurriera algún tipo de incomodidad o problema para continuar”.

Antes de cada maniobra, se dieron los siguientes comandos: PImáx: “Realice una espiración máxima seguida del mayor esfuerzo inspiratorio posible. En este momento el sistema le permitirá sacar el aire pero no le permitirá tomarlo”; PEmáx: “Inspire la mayor cantidad de aire posible y luego realice su máximo esfuerzo espiratorio. En este momento el sistema le permitirá ingresar el aire pero no le permitirá sacarlo”. Se definieron palabras de motivación verbal para su repetición continua durante la maniobra de PImáx y PEmáx: “¡Tome aire hondo, hondo, hondo!” y “¡Sople fuerte, fuerte, fuerte!” , respectivamente.

Cada sujeto realizó las repeticiones necesarias hasta registrarse 3 mediciones con una variabilidad menor al 20% entre ellas. Los datos obtenidos se registraron en dos planillas: la Planilla A de uso individual, para los datos personales, el orden asignado y los valores alcanzados en cada repetición de PImáx y PEmáx con ambas interfaces; y la Planilla B de uso general, en la cual se volcaron todos los datos de cada planilla A y los valores de presiones teóricas según la Ecuación de Evans y Whitelaw para cada sujeto. Los evaluadores fueron kinesiólogos entrenados en la toma de mediciones. En cada medición participaron dos profesionales, uno de los cuales estuvo a cargo de sostener el sistema valvular frente al sujeto, controlar la correcta realización de la técnica y realizar la motivación verbal; mientras que el segundo kinesiólogo registró en la planilla individual el valor máximo alcanzado en el manovacuómetro en cada repetición a, controlando que la variación fuera menor al 20%. Cada esfuerzo se consideró finalizado cuando transcurridos al menos 5 segundos la presión pico no era superada. Se estableció un tiempo de descanso de 1 minuto entre cada repetición y de 3 minutos entre cada grupo de esfuerzos.

En el caso de los sujetos evaluados que no alcanzaran el LIN planteado por las fórmulas de Evans y Whitelaw, se decidió su derivación al Servicio de Neumotisiología con el fin de descartar patología respiratoria asociada por medio de una espirometría.

Análisis estadístico: Las variables numéricas continuas se expresan mediante medida de tendencia central y dispersión según la distribución presentada. Las variables medidas en escala categórica se representan como frecuencia absoluta y su porcentaje por categoría. Para definir la normalidad de las variables continuas se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Para la comparación de las variables continuas se utilizó la prueba de Wilcoxon para muestras dependientes y para las variables categóricas la prueba de Chi² o la prueba exacta de Fisher según la conformación de la tabla cruzada. La comparación entre el factor orden en que se realizaron las mediciones y los valores obtenidos se analizó mediante la prueba de ANOVA de un factor. Se calculó el Coeficiente de Correlación Intraclase (ICC) para establecer el grado de acuerdo entre ambos métodos^{21, 22} y se utilizó el gráfico de Bland-Altman²³ para analizar el comportamiento entre las mediciones realizadas mediante pipeta o boquilla (inspiratorias y espiratorias) para detectar errores sistemáticos. También se calculó el ICC para establecer el grado de acuerdo entre los valores teóricos calculados con la fórmula de Evans y Whitelaw y los valores máximos obtenidos en hombres y mujeres con cada interfaz. Para todos los estadísticos se definió como significativo un valor de $p < 0,05$. El análisis estadístico se realizó con el software *IBM SPSS Statistics Base* versión 22.0 para Windows.

Resultados

Se incluyeron 240 sujetos que completaron la totalidad de las mediciones; ningún participante fue excluido ni eliminado. Los datos demográficos y antropométricos pueden observarse en la **Tabla 1**.

TABLA 1. Datos demográficos y antropométricos

Población	n (%)	Edad (años)*	Altura (mts)*	Peso (kg)*	IMC(kg/m ²)+
n total	240 (100)	33 (19-68)	1.68 (1.48-1.97)	72 (45-124)	25.67 ± 4.41
Mujeres	137 (57.1)	32 (21-68)	1.62 (1.48-1.76)	64 (45-115)	25.01 ± 4.73
Hombres	103 (42.9)	34 (19-65)	1.75 (1.52-1.97)	82 (45-124)	26.54 ± 3.79

*mediana (rango); +media ± desvío estándar.

Abreviaturas: IMC: índice de masa corporal; n: número de participantes

Mediante el test de Wilcoxon se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre PEB y PEP siendo mayores los valores obtenidos con la pipeta bucal ($p < 0.001$). Sin embargo, no hubo diferencias al comparar los valores de PImáx con dichas interfaces ($p = 0.44$). Se realizó un análisis por subgrupos según sexo y rangos etarios, con el objetivo de investigar el comportamiento de estas diferencias (**Tablas 2 y 3**).

TABLA 2. Valores de PImáx y PEmáx con boquilla de buceo y pipeta bucal en mujeres

Grupo	PImáx		PEmáx	
	Pipeta	Boquilla	Pipeta	Boquilla
<i>n</i> Total (137)	90	85	100 ^a	90 ^b
	(75-102.5)	(73.75-107.5)	(82.5-112.5)	(78.75-107.5)
18-34 años (<i>n</i> = 78)	90	85	100	91.25
	(75-102.5)	(75-103.75)	(82.5-110)	(80-108.12)
35-51 años (<i>n</i> = 40)	95	91.25	105 ^a	95 ^b
	(80,62-108.75)	(75-114.62)	(88.12-123.75)	(80-109.37)
52-68 años (<i>n</i> = 19)	77.5	72.5	87.5 ^a	75 ^b
	(55-110)	(60-100)	(75-105)	(60-100)

Test de Wilcoxon: a > b = diferencia significativa ($p < 0.01$). Los datos se presentan en mediana (rango intercuartílico), en cmH₂O.
Abreviaturas: PImáx: Presión Inspiratoria máxima; PEmáx: Presión Espiratoria máxima

TABLA 3. Valores de PImáx y PEmáx con boquilla de buceo y pipeta bucal en hombres

Grupo	PImáx		PEmáx	
	Pipeta	Boquilla	Pipeta	Boquilla
<i>n</i> Total (103)	120	125	127.5	130
	(102.5-150)	(102.5-150)	(115-150)	(110-150)
18-34 años (<i>n</i> = 52)	122.5	126.25	125	130
	(105-150)	(110-150)	(100,62-150)	(98.75-150)
35-51 años (<i>n</i> = 28)	130	125	147.5 ^a	143.75 ^b
	(103.12-147.5)	(130.12-146.25)	(118.12-150)	(111.25-150)
52-68 años (<i>n</i> = 23)	115	110	132.5 ^a	127.5 ^b
	(100-130)	(95-130)	(117.5-150)	(107.5-150)

Test de Wilcoxon: a > b = diferencia significativa ($p < 0.01$). Los datos se presentan en mediana (rango intercuartílico), en cmH₂O.
Abreviaturas: PImáx: Presión Inspiratoria máxima. PEmáx: Presión Espiratoria máxima.

En cuanto a la posible influencia del orden asignado de las maniobras sobre los valores obtenidos, se observó que los valores globales de PEB fueron mayores al realizarse en primer orden con respecto al tercer y cuarto orden ($p < 0.01$). Al analizar estos datos en los subgrupos estudiados, los hallazgos mantuvieron su significancia estadística sólo en las mujeres. En el caso de la PImáx, únicamente se observó que los hombres tuvieron mayores valores al realizar PIP como última maniobra.

Al evaluar el grado de concordancia entre las dos interfaces, se obtuvieron ICC de grado de acuerdo casi perfecto para PImáx y de un grado de acuerdo sustancial para PEmáx, según la clasificación de

Landis y Koch²⁴ (**Tabla 4**). Por otro lado también puede observarse en las **Figuras 4 y 5** el análisis de Bland-Altman para las maniobras de Plmáx y PEmáx respectivamente.

TABLA 4. ICC entre Pipeta y Boquilla

Grupo	ICC	IC 95%
Plmáx n Total	0.88	0.85-0.91
Plmáx Hombres	0.83	0.76-0.88
Plmáx Mujeres	0.84	0.78-0,88
PEmáx n Total	0.80	0.74-0.84
PEmáx Hombres	0.79	0.71-0.86
PEmáx Mujeres	0.68	0.58-0.76

Abreviaturas: ICC: Coeficiente de Correlación Intraclass; IC: Intervalo de Confianza; Plmáx: Presión Inspiratoria máxima. PEmáx: Presión Espiratoria máxima.

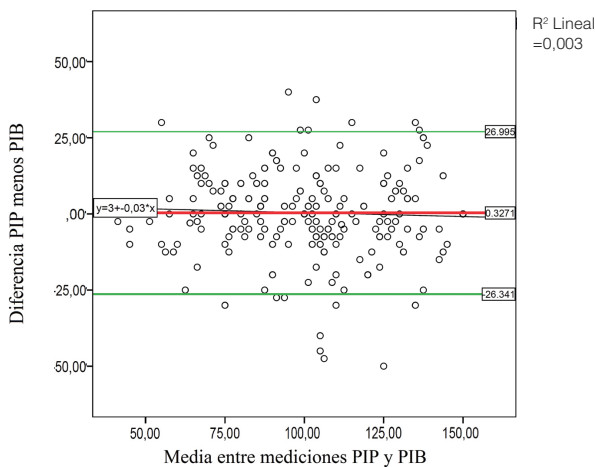


Figura 4. Gráfico de Bland-Altman para evaluar la concordancia entre PIP y PIB.

Abreviaturas: PIP: Plmáx con Pipeta bucal; PIB: Plmáx con Boquilla de buceo.

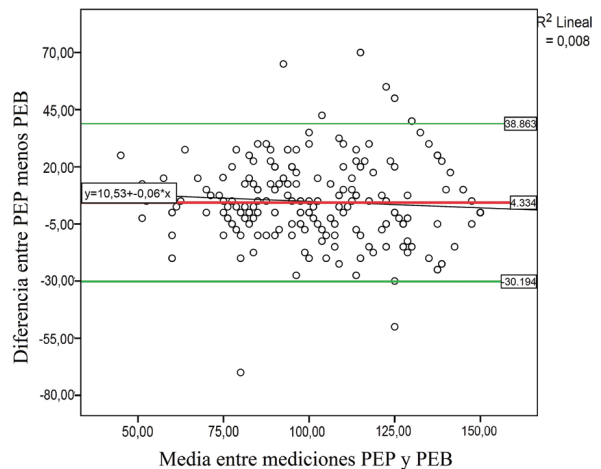


Figura 5. Gráfico de Bland-Altman para evaluar la concordancia entre PEP y PEB.

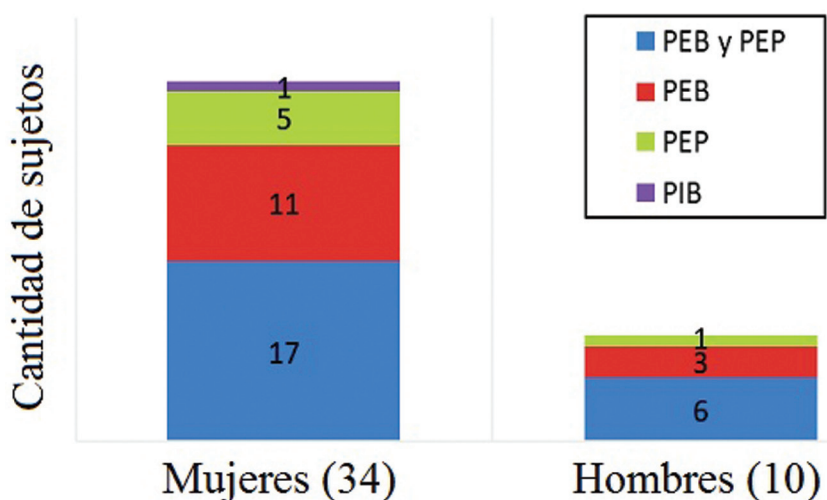
Abreviaturas: PEP: PEmáx con Pipeta bucal; PEB: PEmáx con Boquilla de buceo.

En el análisis de concordancia entre los valores obtenidos y los calculados por las Ecuaciones de Evans y Whitelaw, se obtuvo un ICC con un grado de acuerdo “Pobre” (**Tabla 5**). Entre las presiones obtenidas, hubo 44 sujetos (18.33% de la población total) que no llegaron al LIN planteado por la fórmula de Evans y Whitelaw (**Figura 6**). Se pudo realizar espirometrías a 31 de estas personas, obteniéndose valores dentro de rangos normales en todas ellas.

TABLA 5. Concordancia entre los valores obtenidos con los de las ecuaciones de Evans y Whitelaw

Grupo	ICC	IC 95%
MIP vs PIP M	0.03	-0.14 a 0.20
MIP vs PIP H	0.06	-0.13 a 0.25
MIP vs PIB M	0.02	-0.15 a 0.18
MIP vs PIB H	0.09	-0.11 a 0.28
MEP vs PEP M	0.00	-0.17 a 0.17
MEP vs PEP H	-0.15	-0.34 a 0.04
MEP vs PEB M	0.07	-0.10 a 0.24
MEP vs PEB H	-0.04	-0.23 a 0.15

Abreviaturas: MIP: PImáx según ecuación de Evans y Whitelaw; MEP: PEmáx según ecuación de Evans y Whitelaw; PIP: PImáx con Pipeta bucal; PIB: PImáx con Boquilla de buceo; PEP: PEmáx con Pipeta bucal; PEB: PEmáx con Boquilla de buceo; M: Mujeres; H: Hombres; ICC: Coeficiente de Correlación Intraclass; IC: Intervalo de Confianza.

**Figura 6.** Sujetos que no llegaron al LIN formulado por Evans y Whitelaw.

Abreviaturas: PEB: PEmáx con Boquilla de buceo; PEP: PEmáx con Pipeta bucal; PIB: PImáx con Boquilla de buceo.

Discusión

Los resultados de nuestro estudio muestran que los valores de PEmáx al utilizar la pipeta bucal son mayores que con una boquilla de buceo. Sin embargo, no se encontraron diferencias entre ambas interfaces para los valores de PImáx, por lo que el uso de una u otra quedaría a criterio del evaluador o del confort del paciente.

Estos resultados concuerdan con investigaciones previas, en las que se comparó el uso de una boquilla de buceo frente a distintas interfaces tubulares rígidas^{5, 7, 8}. Koulouris y cols. concluyen que el uso de boquilla de buceo subestima no sólo los valores PEmáx sino también los de PImáx en sujetos sanos⁸. Sin embargo, Montemezzo y cols. compararon en 2012 el uso de la misma pipeta bucal empleada en nuestro estudio y una boquilla de buceo, sin obtener diferencias al medir con un manovacuómetro digital⁹.

Si bien en la guía de ATS/ERS se recomienda el uso de la boquilla de buceo por asegurar menores fugas y mejorar el confort sobre todo en sujetos con debilidad de los músculos bucales¹, otros autores

reportan que los valores inferiores con dicha interfaz pueden deberse a la existencia de fugas periorales^{5, 25}. En contraste, Rubinstein y cols. sostienen que las diferencias pueden equipararse al sellarse manualmente la cavidad oral al utilizar la boquilla de buceo⁷.

Windisch y Evans mencionan en sus artículos que la presión pico es más sencilla de calcular en relación a la presión meseta, debido a que no precisa un software informático y puede medirse mediante un manovacuómetro aneroide^{2, 17}. Si bien algunos autores como Arce y De Vito sugieren tomar el valor de la presión meseta en un segundo con un manovacuómetro aneroide²⁰, en nuestro estudio no encontramos la manera de llevarlo a cabo sin producir mayores sesgos de medición. A su vez, se ha reportado que en sujetos sanos la presión meseta se corresponde con el 82-86.3% de la presión pico en la PImáx¹⁷.

Hemos observado que las mujeres obtuvieron valores de presiones estáticas inferiores: una PImáx del 68-75% y una PEmáx del 69-78% de la registrada en los hombres. Estos rangos se asemejan a los reportados por diversos autores^{2, 6, 11, 14, 18, 26, 27}.

Algunos estudios han reportado la existencia de un efecto aprendizaje con la maniobra de PImáx²⁸⁻³⁰. Sin embargo, en el único caso que encontramos esta tendencia fue en el subgrupo de hombres que utilizaron pipeta bucal.

Los parámetros normales y las ecuaciones de regresión para PImáx y PEmáx difieren entre diversos autores^{2, 6, 11, 14, 17, 18, 26, 28, 31-33}, no existiendo en la actualidad un consenso estandarizado respecto a qué valores de referencia utilizar². Las únicas ecuaciones para PImáx y PEmáx con sus respectivos LIN que hemos encontrado son las publicadas por Enright y Evans y Whitelaw^{2, 31}. En el presente estudio hemos evaluado la concordancia con las fórmulas descritas por Evans y Whitelaw ya que, hasta nuestro conocimiento, son las únicas que permiten calcular los valores esperados de PImáx, PEmáx y sus LIN en hombres y mujeres sanos hasta 69 años de edad^{2, 34}. En cambio, las ecuaciones de Enright han sido formuladas para sujetos mayores de 65 años³¹, y otros autores han publicado valores de LIN, pero sólo para PImáx^{11, 17, 18, 32}.

Es importante destacar que para el desarrollo de las ecuaciones, Evans y Whitelaw han considerado datos de autores que habían utilizado tanto manovacuómetro digital como aneroide. Por otro lado, para la elaboración del LIN, han incluido valores obtenidos con el 1,96 SD por debajo de la media, cuando lo sugerido por los mismos autores es utilizar el 5to percentilo². Creemos que esto podría llevar a que en algunos casos los valores de LIN subestimen los valores reales.

Los LIN formulados por Evans y Whitelaw se basan en definiciones estadísticas de otros estudios de sujetos sanos, en los cuales un 5% de esos sujetos no alcanzaban dichos límites teóricos. Es por este motivo, que es imprescindible que los valores obtenidos sean interpretados en relación a la situación clínica de cada individuo, ya que podríamos encontrar personas sin ningún tipo de afección cuyos registros no alcancen el LIN². En contraste con el 5% propuesto por Evans, en nuestro estudio, el 18.33% de los sujetos (n= 44) no alcanzaron los LIN correspondientes en al menos una de las cuatro maniobras. No hemos encontrado causas funcionales respiratorias que justifiquen este hallazgo, debido a que todos los sujetos referían ser sanos y todas las espirometrías realizadas estuvieron dentro de límites normales. Cabe destacar que excepto un individuo el resto de los casos ocurrieron durante la medición de PEmáx, pudiendo atribuirse a un error de la técnica, fugas bucales durante la maniobra o a que los valores de LIN para PEmáx sean demasiado altos para nuestra población.

Existe evidencia de que los valores de presiones respiratorias difieren entre distintas etnias, países o incluso regiones dentro de un mismo país^{35, 36}. De acuerdo a nuestros resultados, las ecuaciones de Evans y Whitelaw no presentaron concordancia con lo obtenido en nuestra muestra, por lo que podrían no ser extrapolables a la misma. Además, no hemos encontrado estudios que propongan fórmulas de regresión o valores normales regionales, por lo que la línea de investigación continúa hacia la formulación de ecuaciones para ambas interfaces empleadas con manovacuómetro aneroide.

Limitaciones: Una de las limitaciones de este estudio fue la distribución anormal en la variable edad; esto puede deberse a la forma de reclutamiento y creemos que se solucionaría con un muestreo aleatorio. Además, hemos tenido en cuenta lo referido por el sujeto en cuanto a la existencia o no de antecedentes patológicos, pudiendo haber sujetos enfermos sin conocimiento de su condición. Otra limitación surgió del instrumental, ya que el manovacuómetro utilizado no permite registrar valores

superiores a ± 150 cmH₂O, lo que podría haber influenciado los resultados. A pesar de esta limitación, consideramos que los valores que revisten mayor relevancia en la práctica clínica son aquellos que se encuentran por debajo del límite inferior de cada sujeto. Con respecto a la reproducibilidad de las mediciones, diversos autores han reportado valores de confiabilidad casi perfectos con manovacuómetros digitales y aneroides^{30, 35, 37-40}. No hemos encontrado un consenso respecto a las instrucciones específicas y palabras de motivación dadas a los sujetos, por lo que diseñamos un protocolo en base a recomendaciones y experiencia propia. Al igual que Evans, consideramos que los detalles de cómo se realiza la prueba, desde la elección de la interfaz a las instrucciones, motivación y análisis de los datos, generan importantes diferencias en el resultado, por lo que su estandarización es fundamental².

Conclusión

Podemos concluir que los valores de PEmáx medidos con la pipeta bucal son mayores que los obtenidos con la boquilla de buceo. En el caso de la PImáx, no existen diferencias entre ambas interfaces. Los valores de presiones obtenidos y los estimados por las fórmulas de Evans y Whitelaw tuvieron una correlación pobre. Considerando que estas ecuaciones no fueron exitosas en la predicción de PImáx y PEmáx, sería útil la formulación de ecuaciones de regresión para la población estudiada. Creemos que se requieren investigaciones futuras que permitan ampliar la información sobre el uso de la pipeta bucal y la boquilla de buceo en la medición de PImáx y PEmáx y sus límites inferiores de normalidad regionales.

Bibliografía

1. Green M, Road J, Sieck GC, Similowski T. American Thoracic Society/European Respiratory Society. Statement on Respiratory Muscle Testing. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002; 166: 518-624.
2. Evans JA, Whitelaw WA. The assessment of maximal respiratory mouth pressures in adults. *Respir Care.* 2009; 54(10): 1348-1359.
3. Mora-Romero UJ, Gochicoa-Rangel L, Guerrero-Zúñiga S, et al. Presiones inspiratoria y espiratoria máximas: recomendaciones y procedimiento. *Neumol Cir Torax.* 2014; 73(4): 247-253.
4. De Souza RB. Diretrizes para Testes de Função Pulmonar. *J Pneumol.* 2002; 28Suppl 3: S155-165.
5. Szeinberg A, Marcotte JE, Roizin H et al. Normal values of maximal inspiratory and expiratory pressures with a portable apparatus in children, adolescents, and young adults. *Pediatric pulmonology.* 1987; 3: 255-258.
6. Wilson SH, Cooke NT, Edwards RHT, Spiro SG. Predicted normal values for maximal respiratory pressures in caucasian adults and children. *Thorax.* 1984; 39: 535-538.
7. Rubinstein I, Slutsky AS, Rebuck AS, et al. Assessment of maximal expiratory pressure in healthy adults. *J Appl Physiol.* 1988; 64(5): 2215-2219.
8. Koulouris N, Mulvey DA, Laroche CM, Green M, Moxham J. Comparison of two different mouthpieces for the measurement of PImáx and PEmáx in normal and weak subjects. *Eur Respir J.* 1988; 1: 863-867.
9. Montemezzo D, Rocha Vieira D, Tierra-Criollo C, Rodrigues Britto R, Velloso M, Franco Parreira V. Influence of 4 interfaces in the assessment of maximal respiratory pressures. *Respir Care* 2012; 57(3): 392-398.
10. Wohlgenuth M, van der Kooi EL, Hendriks JC, Padberg GW, Folgering HT. Face mask spirometry and respiratory pressures in normal subjects. *Eur Respir J.* 2003; 22: 1001-1006.
11. Hautmann H, Hefe S, Schotten K, Huber RM. Maximal inspiratory mouth pressures (PIMÁX) in healthy subjects – what is the lower limit of normal? *Respiratory Medicine.* 2000; 94: 689-693.
12. Fiz JA, Carreres A, Rosell A, Montserrat JM, Ruiz J, Morera JM. Measurement of maximal expiratory pressure: effect of the holding lips. *Thorax.* 1992; 47: 961-963.
13. Tully K, Koke K, Garshick E, Lieberman SL, Tun CG, Brown R. Maximal expiratory pressures in spinal cord injury using two mouthpieces. *Chest.* 1997; 112: 113-116.
14. Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis.* 1969; 99: 696-702.
15. Ratnovsky A, Elad D, Zaretsky U, Shiner RJ. A technique for global assessment of respiratory muscle performance at different lung volumes. *Physiol. Meas.* 1999; 20: 37-51.
16. Fregadolli P, Sasseron AB, Cardoso AL, Velloso Guedes CA. Respiratory pressures evaluation on healthy subjects by mouth-piece and facemask. *Rev Bras Clin Med.* 2009; 7: 233-237.
17. Windisch W, Hennings E, Sorichter S, Hamm H, Criée CP. Peak or plateau maximal inspiratory mouth pressure: which is best? *Eur Respir J.* 2004; 23: 708-713.
18. Harik-Khan RI, Wise RA, Fozard JL. Determinants of maximal inspiratory pressure. The Baltimore Longitudinal Study of Aging. *Am J Respir Crit Care Med.* 1998; 158: 1459-1464.

19. Sclauser Pessoa IMB, Franco Parreira V, Fregonezi GAF, Sheel AW, Chung F, Reid WD. Reference values for maximal inspiratory pressure: a systematic review. *Can Respir J*. 2014; 21(1): 43-50.
20. Arce SC, De Vito EL. Construcción de válvula unidireccional para la determinación de presiones bucales máximas. [serie en Internet]. [citado 22 Feb 2017]; [aprox. 4 p.]. Disponible en: http://www.aamr.org.ar/secciones/fisiopatologia_lab_pulmonar/construccion_valvula_unidireccional.pdf
21. Fleiss JL, Cohen J. The equivalence of weighted kappa and the intraclass correlation coefficient as measures of reliability. *Educ Psychol Meas*. 1973; 33: 613-619.
22. Kramer MS, Feinstein AR. Clinical biostatistics LIV. The biostatistics of concordance. *Clin Pharmacol Ther*. 1981; 29: 111-123.
23. Bland A, Altman D. Comparing methods of measurement: why plotting difference against standard method is misleading. *Lancet*. 1995; 346: 1085-1087.
24. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977; 33(1): 159-174.
25. Cook C, Mead J, Orzalesi MM. Static volume pressure characteristics of the respiratory system during maximum efforts. *J Appl Physiol*. 1964; 19: 1016-1021.
26. Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res*. 1999; 32: 719-727.
27. Lausted C, Johnson A, Scott W, Johnson M, Coyne K, Coursey D. Maximum static inspiratory and expiratory pressures with different lung volumes. *BioMedical Engineering OnLine* [serie en Internet]. 2006 May. [citado 22 Feb 2017]; [aprox. 6 p.]. Disponible en: <http://biomedical-engineering-online.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-925X-5-29>.
28. Bruschi C, Cerveri I, Zoia MC et al. Reference values of maximal respiratory mouth pressures: A population-based study. *Am Rev Respir Dis*. 1992; 146: 790-793.
29. Wen AS, Woo MS, Keens TG. How many maneuvers are required to measure maximal inspiratory pressure accurately? *Chest*. 1997; 111: 802-807.
30. Dimitriadis Z, Kapreli E, Konstantinidou J, Oldham J, Strimpakos N. Test/retest reliability of maximum mouth pressure measurements with the MicroRPM in healthy volunteers. *Respir Care*. 2011; 56(6): 776-782.
31. Enright PL, Kronmal RA, Manolio TA, Schenker MB, Hyatt RE. Respiratory muscle strength in the elderly. Correlates and reference values. Cardiovascular Health Study Research Group. *Am J Respir Crit Care Med*. 1994; 149: 430-438.
32. Sachs MC, Enright PL, Stukovsky KH, Jiang R, Barr RG. The Multi-ethnic Study of Atherosclerosis (MESA) Lung Study. Performance of maximal inspiratory pressure tests and MIP. Reference equations for four ethnic groups. *Respir care*. 2009; 54(10): 1321-1328.
33. Costa D, Goncalves HA, Lima LP, Ike D, Cancelliero KM, Montebelo MI. New reference values for maximal respiratory pressures in the Brazilian population. *J Bras Pneumol*. 2010; 36: 306-312.
34. Petrini M, Haynes D. In search of maximum inspiratory and expiratory pressure reference equations. *Respiratory Care*. 2009; 54(1): 1304-1305.
35. Franco Parreira V, França DC, Zampa CC, Fonseca MM, Tomich GM, Britto RR. Maximal respiratory pressures: actual and predicted values in healthy subjects. *Rev. Bras. Fisioter*. 2007; 11(5): 361-368.
36. Barreto LM, Duarte MA, Costa Drumond de Oliveira Moura S, Alexandre BL, Silva Augusto L, Fernandes Fontes MJ. Comparison of measured and predicted values for maximum respiratory pressures in healthy students. *Fisioter Pesq*. 2013; 20(3): 235-243.
37. Larson JL, Covey MK, Vitalo CA, Alex CG, Patel M, Kim M. Maximal inspiratory pressure: learning effect and test retest reliability in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest*. 1993; 104: 448-453.
38. Jalan NS, Daftari SS, Retharekar SS, Rairikar SA, Shyam AM, Sancheti PK. Intra- and inter-rater reliability of maximum inspiratory pressure measured using a portable capsule-sensing pressure gauge device in healthy adults. *Can J Respir Ther*. 2015; 51(2): 39-42.
39. Sclauser Pessoa IMB, Alves Pereira HL, Tavares Aguiar L, Leite Tagliaferri T, Mendes da Silva LA, Franco Parreira V. Test-retest reliability and concurrent validity of a digital manovacuometer. *Fisioter Pesq*. 2014; 21(3): 236-242.
40. Wilches-Luna EC, Sandoval LM, López DJ. Confiabilidad intra e inter evaluador de la medición de la presión inspiratoria máxima (P_{im}) en treinta sujetos sanos de la ciudad de Cali. *Rev Cienc Salud*. 2016; 14(3): 329-338.