

Presiones respiratorias estáticas máximas en adultos. Valores de referencia de una población caucásica mediterránea*

P. Morales, J. Sanchis^a, P.J. Cordero y J.L. Díez^a

Servicio de Neumología. Hospital Universitario La Fe. Valencia.

^aUnidad de Función Pulmonar. Hospital de la Santa Creu i Sant Pau. Barcelona.

El objetivo del presente estudio ha sido el obtener valores de referencia para la $P_{i,max}$ y la $P_{e,max}$, que sean reflejo de la población adulta mediterránea. Se ha efectuado en sujetos de ambos sexos, residentes en el área metropolitana de Valencia y de edad comprendida entre 18 y 83 años, distribuidos por décadas en seis subgrupos (número mínimo de 20 varones y 20 mujeres cada subgrupo), que cumplieran los criterios necesarios para ser considerados individuos de referencia. La $P_{i,max}$ se obtuvo desde la posición de espiración máxima (posición de RV) y la $P_{e,max}$ desde la de inspiración máxima (posición de TLC). Se estudiaron finalmente 264 sujetos, 129 varones y 135 mujeres. Para el análisis de los datos se estableció a priori una separación por sexos. Se estudió la distribución de las siguientes variables: sociológicas (actividad laboral, nivel cultural y actividad deportiva), biométricas (edad, talla y peso) y espirométricas. Se efectuó un análisis de correlación lineal entre cada una de las variables y un estudio de normalidad mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Con objeto de controlar la precisión de las lecturas de los parámetros $P_{i,max}$ y $P_{e,max}$ se determinó, así mismo, su variabilidad intraindividual. Para ello se efectuaron tres determinaciones consecutivas durante 3 días correlativos en 39 individuos (18 varones y 21 mujeres) seleccionados al azar. El estudio descartó un efecto significativo inter día e inter prueba para las presiones respiratorias.

La elaboración de las ecuaciones de predicción se hizo mediante el modelo rectilíneo simple partiendo de la totalidad de las variables predictoras y eliminando, de forma escalonada, las variables de menor fuerza en su confección. La bondad del ajuste matemático se estudió con el coeficiente de determinación múltiple (R^2) y ajustado, el error estándar estimado, la prueba de significación de la regresión, la comparación de valores observados y estimados y el comportamiento de los valores residuales en cuanto a su independencia, normalidad y homoscedasticidad. Igualmente se establecieron los límites de referencia mediante la definición de percentiles. Las ecuaciones finales obtenidas fueron: para hombres, $P_{i,max}$ (cmH₂O) = $1,03 \times \text{edad} + 0,59 \times \text{peso} +$

$133,07$, $P_{e,max}$ (cmH₂O) = $1,31 \times \text{edad} + 263,12$; para mujeres, $P_{i,max}$ (-cmH₂O) = $0,64 \times \text{edad} + 125,18$, $P_{e,max}$ (cmH₂O) = $0,57 \times \text{edad} + 0,65 \times \text{peso} + 116,23$. Se efectuó el análisis de concordancia con las ecuaciones de Black y Hyatt habitualmente utilizadas como referencia.

Palabras clave: Presiones respiratorias estáticas máximas. Valores de referencia. Músculos respiratorios.

Arch Bronconeumol 1997; 33: 213-219

Maximum static respiratory pressures in adults. Reference values for a Caucasian Mediterranean population

The aim of this study was to establish reference values for $P_{i,max}$ and $P_{e,max}$ for the Mediterranean adult population. Male and female individuals between 18 and 83 years old meeting the criteria for consideration as references and residing in the metropolitan area of Valencia were assigned by decades to six subgroups, each containing at least 20 men and 20 women. $P_{e,max}$ was obtained from the point of maximum expiration (residual volume) and $P_{i,max}$ was the point of maximum inspiration (total lung capacity). The cohort, which finally included 264 subjects (129 men and 135 women), was separated *a priori* by sex for data analysis. The following types of variables were studied: sociological (employment, educational level and exercise), biometric (age, height and weight) and spirometric results. A linear correlation analysis was performed for each pair of variables and a Kolmogorov-Smirnov test of normality was performed. In order to check the accuracy of $P_{i,max}$ and $P_{e,max}$ readings, intra-individual variability was determined by performing three consecutive procedures over 3 days in 39 randomly selected individuals (18 men and 21 women). Significant inter-day and inter-test effects for respiratory pressures were thus ruled out.

Predictive equations were worked out using a simple linear model including all predictive variables and eliminating weaker variables in a stepwise manner. Mathematical goodness of fit was assessed by a coefficient for multiple determinations (R^2); also determined were the estimated standard error and statistical significance. We also compared obser-

*Este estudio ha obtenido una Beca SEPAR Boehringer Ingelheim S.A. en 1987.

Correspondencia: Dra. P. Morales.
Servicio de Neumología. Hospital Universitario La Fe.
Avda. Campanar, 21.
46009 Valencia.

Recibido: 18-6-96; aceptado para su publicación: 22-10-96.

ved and estimated values and the behavior of residual values in terms of their independence, normality and homoscedasticity. Reference limits were established by defining percentiles. The equations finally arrived at for men were as follows: $P_{i,max}$ (cmH₂O) - 1.03 × Age + 0.59 × Weight + 133.07, $P_{e,max}$ (cmH₂O) - 1.31 × Age + 263.12. The equations for women were $P_{i,max}$ (cmH₂O) - 0.64 × Age + 125.18, $P_{e,max}$ (cmH₂O) - 0.57 × Age + 0.65 × Weight + 116.26. Agreement with the usual references (the Black and Hyatt equations) was analyzed.

Key words: *Maximum static respiratory pressures. Reference values. Respiratory muscles.*

Introducción

La fuerza de los músculos respiratorios puede ser explorada mediante diversas técnicas; entre éstas, la medida de las presiones respiratorias estáticas máximas es la forma más sencilla de evaluarla y, por tanto, la más utilizada^{1,2}. Como índice de la fuerza muscular respiratoria, su utilidad principal se centra en aquellos sujetos con afecciones neuromusculares o metabólicas en que esté implicada la musculatura respiratoria, enfermedades degenerativas sistémicas, deformidades torácicas, ventilación artificial, obstrucción crónica al flujo aéreo, disnea de etiología no filiada y, en general, en cualquier situación de sobrecarga mecánica del tórax².

La presión respiratoria estática máxima se define como la mayor presión que puede ejercerse al efectuar una maniobra forzada de inspiración ($P_{i,max}$) o espiración ($P_{e,max}$). La $P_{i,max}$ puede medirse desde la posición de espiración máxima (volumen residual [RV]) o desde la posición espiratoria de reposo (capacidad funcional residual [FRC]); la $P_{e,max}$ se mide desde la posición de inspiración máxima (capacidad pulmonar total [TLC]). Las ecuaciones de referencia habitualmente utilizadas incluyen a individuos de diferentes etnias^{3,4}, por lo que no son adecuadas para la población caucásica mediterránea. Puesto que diversos factores socioculturales condicionan aspectos como la actividad física y el tipo de alimentación y éstos a su vez pueden influir en el estado muscular y en el valor de las presiones que son capaces de generar, parece aconsejable disponer de datos de referencia de poblaciones lo más próximas posible a la del propio laboratorio donde se efectúa el registro. Por otra parte, adolecen en su confección de un número representativo de sujetos de edad avanzada⁵⁻⁷.

Este estudio ha sido diseñado para obtener valores de referencia para la $P_{i,max}$ desde la posición de espiración máxima y la $P_{e,max}$ desde la inspiración máxima, que sean reflejo de la población adulta mediterránea dentro del rango de edad establecido, así como el establecimiento de los márgenes de referencia para estos parámetros, con sus límites de confianza.

Material y métodos

Población

La muestra corresponde a adultos voluntarios, subjetivamente sanos, no fumadores, residentes en el área metropolitana de Valencia. Se procuraron diversificar al máximo las fuentes de procedencia así como la actividad laboral. El grupo étnico analizado fue exclusivamente caucásico.

Se estudiaron sujetos de ambos sexos y de edad comprendida entre 18 y 83 años, distribuidos por décadas en seis subgrupos, en número mínimo de 20 varones y 20 mujeres cada subgrupo, que cumplieran los criterios necesarios para ser considerados individuos de referencia según un cuestionario clínico adaptado del recomendado por la American Thoracic Society (ATS)⁸. Se excluyeron los pacientes con síntomas o enfermedades cardiorrespiratorias, deformidad musculoesquelética, enfermedad neuromuscular, afección ótica, epilepsia, enfermedad sistémica, hernia digestiva de cualquier localización, antecedentes de cirugía torácica y abdominal, obesidad superior al 20% de sobrepeso y atletas. A todos los sujetos se les efectuó un examen físico somero, registro de tensión arterial, electrocardiograma, radiografía de tórax y espirometría.

Las fuentes de procedencia de todos los sujetos estudiados fueron diversas y correspondieron a 41 profesiones diferentes. Se procuró diversificar la actividad laboral y el hábito deportivo, clasificando en cuatro grupos el grado de actividad física (AF) desarrollada en ambos casos, según el siguiente criterio arbitrario: 0, AF nula; 1, AF ligera; 2, AF moderada, y 3, AF severa. En las dos primeras categorías se englobaron la ausencia de actividad laboral y deportiva y las profesiones sedentarias.

Aparataje. Control de calidad

Se dispuso de una llave en T (Collins, Braintree, Mass.) de tres vías, de orificio interior de 2,5 cm y espacio muerto de 23 ml, conectada, a través de un tubo, a un transductor de presión de cuarzo (Gould Statham, P23 ID) de rango 50 ± 300 mmHg y exactitud ± 1%. Éste a su vez se conectó a un amplificador (Electronics for Medicine, Simultrace Recorder VR-6, V-2203) con frecuencia de respuesta superior a 2.500 cps y señal de salida a una inscriptora XY (Hewlett-Packard 7041-A), velocidad de registro de 0,5 s/cm y amplitud de señal de 0,5 cm por cada 10 mmHg. Se efectuó la calibración diaria del conjunto transductor, amplificador y registrador, al inicio y final del total de exploraciones realizadas con una columna en U de Hg, que permitía generar presiones de ± 300 mmHg, admitiendo un error de medida inferior al 1% en presiones superiores a 100 mmHg. Los accesorios utilizados (silla de respaldo rígido, pinzas y boquillas) fueron los mismos para todos los sujetos explorados.

Con objeto de controlar la precisión de las lecturas de los parámetros $P_{i,max}$ y $P_{e,max}$ se determinó su variabilidad intraindividual. Para ello se efectuaron tres determinaciones consecutivas durante 3 días correlativos en 39 individuos (18 varones y 21 mujeres) participantes en el estudio y seleccionados al azar. Se calculó la variación interdía e interprueba mediante un análisis de variancia para medidas repetidas (MANOVA).

Metodología

Los sujetos fueron estudiados siempre entre las 09.00 y las 15.00 h, en el único laboratorio, por dos técnicos experimentados en la realización de espirometrías y por un único médico experimentado en la obtención de las presiones respiratorias estáticas máximas. Tanto la espirometría como la medida

de la $P_{I,max}$ y $P_{E,max}$ se efectuaron en posición sentada y con pinzas nasales siguiendo la normativa de la European Community for Coal and Steel (ECCS)⁴ y la propuesta de procedimiento de la Sociedad Española de Patología Respiratoria (SEPAR)⁹. La duración del estudio fue de 18 meses.

Antes de la prueba se explicó detenidamente la maniobra a realizar efectuándola primeramente el explorador y haciendo hincapié en la importancia de una realización correcta.

Una vez realizada la espirometría y tras un breve descanso, se obtuvo el registro de las presiones respiratorias estáticas máximas. Para ello, el sujeto efectuó la maniobra a través de una boquilla semirrígida, conectada a una de las tres vías de la llave en T, de manera que permitiera la oclusión en el instante requerido. La boquilla, provista de una arandela para impedir la fuga de aire a través de los labios y de unos salientes de succión dental, disponía de un orificio lateral de salida de 1 mm de diámetro y 15 mm de longitud para mitigar la sobrepresión ocasionada por los músculos bucinadores, sin pérdida significativa de volumen⁵. El transductor de presión se situó a la altura de la boca del sujeto y se le indicó que colocara sus manos en las mejillas para evitar la oscilación de las mismas, presionando con los dedos sobre ambos maxilares, comisuras bucales y aletas nasales para evitar cualquier fuga de aire al efectuar la exploración^{2,5,10,11}.

Se determinó en primer lugar la $P_{E,max}$, a pesar de resultar más molesta, por estimar que era de más fácil comprensión y permitía, por tanto, una más rápida familiarización con la técnica exigida. La persona efectuaba una inspiración máxima (posición de TLC); a continuación, se procedía al cierre rápido manual de la llave en T instándole con energía a efectuar un esfuerzo espiratorio máximo mantenido de 2-3 s², sin sobrepasar este tiempo para evitar complicaciones secundarias a una maniobra de Valsalva (lipotimia, convulsiones)¹⁰.

La $P_{I,max}$ se obtuvo desde la posición de espiración máxima (posición de RV), mediante un esfuerzo inspiratorio máximo efectuado inmediatamente después del cierre de la llave oclusora y mantenido durante 2-3 s. Se minimizó el hundimiento de las mejillas presionando el propio sujeto sus dedos sobre el espacio intermandibular.

No se limitó en principio el número de maniobras, aun cuando no se superaron las 10. Se consideró finalmente el valor máximo de cinco maniobras consideradas correctas que no difirieran entre ellas \pm 5%.

Tratamiento de los datos

Se utilizó un paquete estadístico SPSS-PC+. Para el análisis se estableció a priori una separación por sexos. Se estudió la distribución de las siguientes variables: sociológicas (actividad laboral, nivel cultural y actividad deportiva), biométricas (edad, talla y peso) y espirométricas.

Se efectuó un análisis de la correlación lineal entre cada una de las variables y un análisis de distribución de frecuencias mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov para evaluar su normalidad. La elaboración de las ecuaciones de predicción se hizo mediante el modelo lineal simple partiendo de la totalidad de las variables predictoras y eliminando, de forma escalonada, las variables de menor fuerza en su confección. La bondad del ajuste matemático se estudió con el coeficiente de determinación múltiple (R^2) y ajustado, el error estándar estimado, la prueba de significación de la regresión, la comparación de valores observados y estimados y el comportamiento de los valores residuales en cuanto a su independencia, normalidad y homoscedasticidad. Teniendo en cuenta la variabilidad de la exploración y la dispersión de los valores obtenidos, nos interesó establecer el límite inferior del rango de referencia, utilizando el concepto de intervalo de confianza del 95% para un límite concreto y calculando la precisión que

TABLA I
Datos antropométricos

N.º	Subgrupos (años)	Edad (años)	Talla (cm)	Peso (kg)
Varones				
21	< 30	24 \pm 3	175 \pm 9	74 \pm 9
24	30-39	34 \pm 3	172 \pm 6	78 \pm 8
21	40-49	45 \pm 3	169 \pm 7	77 \pm 12
20	50-59	55 \pm 2	165 \pm 4	75 \pm 8
21	60-69	65 \pm 3	165 \pm 7	77 \pm 8
22	> 70	75 \pm 4	161 \pm 7	79 \pm 8
129	Global	49 \pm 18	168 \pm 8	75 \pm 9
Mujeres				
22	< 30	22 \pm 4	163 \pm 6	58 \pm 6
24	30-39	35 \pm 3	158 \pm 6	62 \pm 9
20	40-49	43 \pm 3	157 \pm 5	64 \pm 7
22	50-59	55 \pm 3	155 \pm 6	66 \pm 7
25	60-69	64 \pm 3	153 \pm 5	70 \pm 11
22	> 70	73 \pm 3	151 \pm 5	62 \pm 11
135	Global	49 \pm 18	156 \pm 7	64 \pm 9

Los datos expresan la media \pm desviación estándar.

podiera establecerse. Puesto que convenía delimitar el 5% de individuos que se dispersan en el lado inferior del valor estimado en la ecuación, el cálculo de este intervalo se efectuó directamente a partir del error típico de la estimación (SEE). Aunque este método puede ser válido para aquellos parámetros con bajo valor de SEE, su aplicación es dudosa en otras variables con mayor dispersión. Como alternativa a los métodos anteriores, se consideró la utilización de percentiles en la delimitación del rango de referencia¹².

Finalmente se compararon, mediante un análisis de concordancia, las ecuaciones obtenidas con las de Black y Hyatt⁵ habitualmente utilizadas como referencia.

Resultados

Se estudiaron finalmente 264 individuos, 129 varones y 135 mujeres. Los datos antropométricos se recogen en la tabla I. Doscientos veintidós sujetos de la población estudiada (84%) correspondieron a la población laboral activa en el momento del estudio y 42 sujetos a la población pasiva (16%). El 78% de los varones tenía una actividad sedentaria y el 61% no realizaba ninguna actividad deportiva. Sólo el 5% realizaba una actividad física y/o deportiva intensa. En el grupo de mujeres el 83% tenía una actividad sedentaria y el 88% no realizaba ninguna actividad deportiva. Sólo el 2% realizaba una actividad física y/o deportiva intensa. El 25% (67 sujetos del total) eran ex fumadores; el resto, 197 (75%), no fumadores.

El estudio de la variabilidad descartó un efecto significativo interdía e interprueba para las presiones respiratorias.

Los valores medios, separados por sexo y por grupos de edad, de las presiones respiratorias estáticas máximas, así como el número de maniobra en que se obtuvo el valor máximo de las mismas y los valores percentiles 5 y 50, se exponen en la tabla II. La distribución de las variables $P_{I,max}$ y $P_{E,max}$ fue normal para ambos sexos. En la figura 1 se detalla la distribución mediante un gráfico de puntos de las relaciones entre la $P_{I,max}$ y $P_{E,max}$ según sexo y edad.

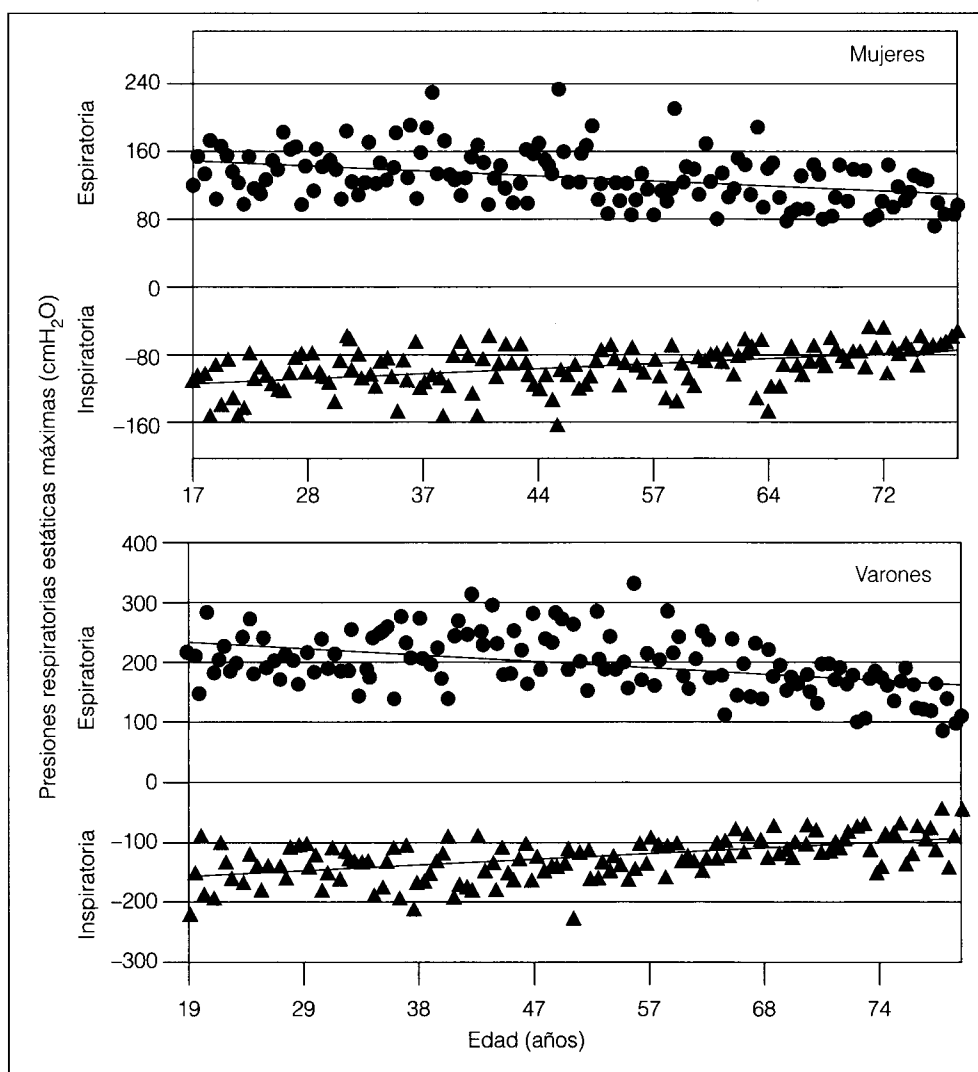


Fig. 1. Diagrama de dispersión que muestra la relación entre las presiones respiratorias inspiratoria y espiratoria ($P_{i,max}$ y $P_{e,max}$) según sexo y edad.

TABLA II
Presiones inspiratoria y espiratoria máximas ($P_{i,max}$ y $P_{e,max}$) y percentiles. Valores obtenidos

N.º (años)	$P_{i,max}$	Máx/mín	P5	P50	$P_{e,max}$	Máx/mín	P5	P50
Varones								
< 30	142 ± 32	219/90	95,7	142,2	206 ± 33	283/145	153,1	205,1
30-39	145 ± 34	210/90	103,9	139,4	208 ± 40	273/137	139,4	202,3
40-49	142 ± 32	227/87	94,4	138,1	236 ± 41	312/164	177,8	237,9
50-59	130 ± 22	161/93	97,0	132,6	211 ± 48	331/150	153,1	205,0
60-69	103 ± 20	126/68	69,7	106,6	177 ± 35	238/112	128,5	177,2
> 70	96 ± 31	148/41	41,0	87,5	145 ± 33	189/82	95,7	161,3
Global	127 ± 35	227/41	71,1	125,8	197 ± 48	331/82	117,6	191,4
Mujeres								
< 30	108 ± 24	150/77	76,6	103,9	136 ± 25	180/98	98,4	134
30-39	102 ± 24	153/57	62,9	103,9	147 ± 31	230/104	103,9	139,5
40-49	98 ± 29	161/57	62,9	95,7	140 ± 32	235/96	98,5	140,8
50-59	95 ± 19	134/66	65,6	94,3	125 ± 32	211/85	87,5	123,0
60-69	88 ± 23	145/57	60,1	84,7	121 ± 30	191/79	82,0	123,1
> 70	70 ± 15	98 / 44	43,7	69,7	110 ± 23	145/74	82,0	101,2
Global	93 ± 25	161/44	57,4	90,2	130 ± 31	235/74	84,7	127,2

Los valores se expresan en cmH_2O . Para la $P_{i,max}$ el resultado se expresa como valor negativo.

TABLA III
Coeficientes de correlación lineal simple

Sujetos	Edad	Talla	Peso	AF	AD	RV	TLC	P _i max	P _e max
Varones									
Edad	-0,35		-0,01	-0,10	-0,51	0,09	-0,32	-0,55	-0,51
Talla			0,36	-0,18	0,27	0,47	0,72	0,25	0,18
Peso				-0,13	0,20	0,26	0,29	0,16	0,26
AF					-0,12	-0,11	-0,05	0,20	0,28
AD						-0,22	0,13	0,46	0,41
RV							0,74	-0,18	-0,13
TLC								0,09	0,10
P _i max									0,79
P _e max									
Mujeres									
Edad	-0,58		0,31	-0,30	-0,37	0,55	-0,61	-0,68	-0,36
Talla			0,07	0,11	0,30	0,07	0,81	0,31	0,39
Peso				-0,29	-0,25	0,41	0,05	-0,19	0,16
AF					0,34	-0,13	0,22	0,04	-0,06
AD						-0,11	0,25	0,16	0,04
RV							0,11	-0,44	-0,15
TLC								0,35	0,47
P _i max									0,40
P _e max									

AF: actividad física; AD: actividad deportiva; RV: volumen residual; TLC: capacidad pulmonar total; P_imax: presión inspiratoria máxima; P_emax: presión espiratoria máxima.

TABLA IV
Ecuaciones generales de predicción

	R ²	EEE
Varones		
P _i max	- 1,03 × edad + 0,59 × peso + 133,07	30 293
P _e max	- 1,31 × edad + 263,12	22 426
Mujeres		
P _i max	- 0,64 × edad + 125,18	19 232
P _e max	- 0,57 × edad + 0,65 × peso + 116,23	13 277

P_imax: cmH₂O (se expresa con signo negativo); P_emax: cmH₂O; R²: coeficiente de determinación múltiple; EEE: error estándar de la estimación.

En la tabla III se exponen los coeficientes de correlación lineal simple entre las distintas variables obtenidas pudiendo deducirse: 1) las diferencias entre ambos sexos fueron significativas; 2) la correlación entre las variables predictoras mencionadas y la variable dependiente P_imax fue siempre superior en el grupo de mujeres; 3) el coeficiente de correlación mayor correspondió a la variable edad seguida de la variable talla y finalmente a la variable peso corporal, y 4) la variable edad mostró una relación lineal negativa con respecto a las presiones respiratorias. La variable talla presentaba una relación lineal positiva al igual que la variable peso, excepto para la P_imax en mujeres en que esta relación fue negativa. La variable RV mostró una relación negativa respecto a la P_imax y la variable TLC una relación positiva respecto a la P_emax.

Para obtener un modelo matemático práctico y establecer márgenes de confianza, nos limitamos al modelo lineal simple contemplando únicamente las variables antropométricas edad, talla y peso y tomando de la matriz de correlación aquellas que con mayor fuerza confectionaron la regresión. El modelo lineal simple se comparó con otros modelos, sin que se obtuviera una mejor predicción. La distribución de los valores resi-

duales cumplió las condiciones previamente mencionadas. El ajuste parabólico proporcionó un error estándar semejante de la predicción. El análisis de regresión lineal multifactorial de tipo escalonado podría limitar su precisión. No obstante, la distribución de los residuos fue normal y, por otra parte, la población muestral no estaba en edad de crecimiento, por lo que no se justifica la utilización de un modelo con variables transformadas.

En la tabla IV se muestran las ecuaciones obtenidas para ambos sexos. Sólo la variable edad está presente en todas las ecuaciones, mientras que la talla no figura en ninguna. La variable peso sólo está presente en las ecuaciones correspondientes a la P_imax en los varones y P_emax en las mujeres.

El análisis de correlación entre los valores teóricos obtenidos al aplicar las ecuaciones de Black y Hyatt⁵ y las del presente estudio fue siempre superior a 0,9. El análisis de concordancia mostró, en la P_emax, una ligera tendencia a infravalorarla, con una diferencia media ± DE de 18,7 ± 4,9 cmH₂O (17,9-19,6) en los varones y de 14,4 ± 5,9 cmH₂O (13,4-15,4) en las mujeres (intervalo de confianza al 95% [IC 95%]). En relación a la P_imax, nuestras ecuaciones mostraron valores ligeramente superiores a los obtenidos con las ecuaciones de Black y Hyatt tanto en los varones (-10,7 ± 10,6 cmH₂O [-12,6 a 8,9]) como en las mujeres (-14,8 ± 2,3 cmH₂O [-15,2 a 14,4]). La significación estadística fue p < 0,001 en todas.

Discusión

La evaluación de la fuerza muscular respiratoria debería ser una práctica habitual en la exploración funcional respiratoria efectuada a cualquier paciente con disnea e insuficiencia respiratoria. Debemos recordar a este respecto que la causa más común de disfunción

muscular respiratoria no es propiamente neuromuscular, sino aquella de causa mecánica, metabólica o nutricional¹³. La determinación de las presiones respiratorias estáticas máximas es una técnica de utilidad reconocida en esta evaluación; el hecho de no requerir un aparato ni un aprendizaje costoso la hace idónea como método de evaluación de la fuerza muscular respiratoria⁹.

En la actualidad persiste la escasez de valores de referencia para las presiones respiratorias estáticas máximas que abarquen de manera uniforme a toda la población adulta.

Las diferencias existentes entre las ecuaciones de predicción actualmente utilizadas para las presiones respiratorias estáticas máximas dependen tanto de los criterios de selección de los individuos de referencia como de los factores técnicos involucrados^{14,15}.

Para establecer las características de nuestras ecuaciones de predicción, se tuvo en cuenta la representatividad de la muestra a partir de unas variables consideradas básicas como son la raza, el sexo y la edad¹⁶. En nuestro caso, sólo se admitieron individuos de raza caucásica y origen sureuropeo. Para la confección de las ecuaciones, se estableció una separación inicial por sexos basada en la constatación, a través de la bibliografía, de valores netamente superiores en los varones respecto a las mujeres. En un segundo orden, otras variables pueden influir también sobre los valores de referencia –variables socioeconómicas y culturales y grados de actividad laboral y deportiva–, para lo cual se diversificaron las fuentes de procedencia, con selección al azar y posterior inclusión o exclusión en el estudio según los requisitos previamente definidos. Nuestra muestra de referencia es uniforme para los distintos grupos de edad y globalmente más numerosa que en series previas.

En cuanto a los factores técnicos, interesa valorar dos aspectos: el material empleado y los métodos de medida.

Los manómetros empleados hasta la fecha para el registro de presiones han sido diversos a tenor de los diferentes avances técnicos. Hemos utilizado un transductor de presión de cuarzo comprobando la linealidad en la medida mediante aspiraciones bruscas y mantenidas a volúmenes diferentes, con lo que se obtenían una serie de presiones negativas que cubrían el rango de las presiones inspiratorias máximas alcanzadas por los sujetos del estudio. La misma comprobación se efectuó con la maniobra inversa para la $P_{E\max}$, por lo que las posibles diferencias con otros autores no parecen deberse a errores de lectura.

Las recomendaciones para la correcta realización de la maniobra se siguieron escrupulosamente, incluida la utilización de una pequeña fuga de aire en la boquilla tal como propugnaron Black, Hyatt y Ringquist^{5,10}. No se limitó el número de maniobras, aun cuando, en ningún caso, superaron las 10 para cada exploración. A este respecto, Ringquist¹⁰ no limitó el número de maniobras, describiendo en el transcurso de las mismas algunos incidentes como la presencia de hemorragias nasales y lipotimias. Registramos convulsiones ligeras en 2 casos y lipotimias en otros dos; todos estos incidentes ocurrieron en sujetos jóvenes, coincidiendo con la reali-

zación de una maniobra de Valsalva superior a 4 s. En general, el número de maniobras que efectúan la mayoría de autores suele oscilar entre dos y cuatro bien realizadas^{5,7,17} eligiendo el valor máximo de éstas. De hecho, en nuestra población, el valor máximo se obtuvo en la mayor parte de los casos entre la tercera y cuarta maniobras. Se tomó como medida el pico máximo obtenido en cada maniobra a partir del primer segundo del inicio de la misma por considerar que era el de más fácil lectura y sujeto, por tanto, a menor error. Otros autores² han defendido el valor meseta pero éste no siempre se consigue y puede resultar complejo delimitar su trazado. No se ha considerado la utilización del valor medio resultante de efectuar varias exploraciones puesto que, por definición, no expresaría el valor máximo obtenido, aunque podría tener ventajas por su menor variabilidad a la hora de establecer comparaciones sucesivas.

La actividad física laboral mostró, considerados ambos grupos globalmente, una escasa correlación; quizá debiera haberse matizado más este parámetro. En este sentido, la actividad deportiva, sin embargo, sí que evidenció una elevada correlación en el grupo de varones¹⁸. Las relaciones obtenidas entre los volúmenes pulmonares y las presiones respiratorias mostraron una correlación negativa del RV respecto a la $P_{I\max}$ y una correlación positiva de la TLC con respecto a la $P_{E\max}$, que, si bien fue baja para el grupo de varones, no lo fue para el grupo de mujeres, en el cual alcanzó los valores de $-0,44$ y $0,47$, respectivamente, sólo superados por los obtenidos por la edad. En este punto consideramos obligado recordar que, en aquellos pacientes con volúmenes pulmonares alterados, como sucede en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica severa, con aumento importante del RV, o enfermedades que se acompañan de una reducción de la TLC, es obligado comparar los valores obtenidos para la $P_{I\max}$ y $P_{E\max}$ con los que un sujeto sano alcanzaría para ese mismo volumen¹³.

Una vez obtenidas las ecuaciones de predicción, la utilización de percentiles como delimitación del rango de referencia tiene la ventaja de que indica, individualmente, cuán infrecuente es un resultado y no necesariamente su "anormalidad". No exige, por tanto, que su distribución sea "normal". A pesar de su popularidad en otras áreas médicas como pediatría o psicología, no ha arraigado suficientemente en otros campos, lo que frena su utilización. Para facilitar su uso, hemos aportado los valores por grupos de edad, referidos al percentil 5, esto es, el valor por debajo del cual restaría un 5% de la población y al percentil 50, indicativo del valor en que se sitúa el 50%.

Finalmente, la comparación con las ecuaciones confeccionadas por Black y Hyatt⁵, por ser éstas las de utilización más generalizada, mostró una excelente correlación para los parámetros analizados. La diferencia sistemática se justifica por tratarse de poblaciones diferentes y se neutralizaría mediante la aplicación de un factor de corrección.

En conclusión, consideramos que la obtención de los valores de referencia de las presiones respiratorias estáticas máximas en la población adulta llena un vacío en nuestro medio. El tipo de selección de la muestra de re-

ferencia permite su comparación con estudios similares y su utilización en estudios clínicos y epidemiológicos. Dentro de los límites escogidos, la edad fue el principal determinante de las variables funcionales, tanto en varones como en mujeres¹⁹. El modelo lineal simple resulta adecuado en la confección de las ecuaciones de predicción por su bondad de ajuste y sencillez de manejo. Teniendo en cuenta la variabilidad de la exploración y la dispersión de los valores obtenidos²⁰, consideramos más adecuado el establecimiento de un límite inferior de normalidad mediante el método de percentiles. A pesar de lo expuesto, es no obstante necesario disponer de estudios longitudinales para un mejor conocimiento de la fuerza muscular respiratoria y los factores que en mayor grado contribuyen a la misma.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento al Prof. Dr. V. Marco Martínez por su apoyo y colaboración en el desarrollo de este estudio, al Dr. Carlos García Sanchis por su apoyo, al personal técnico de los laboratorios de exploración funcional respiratoria de los hospitales La Fe (Valencia) y Sant Pau (Barcelona), al Dr. Pere Casán por sus consejos y a todos los voluntarios participantes en el estudio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Celli BR. Clinical and physiologic evaluation of respiratory muscle function. *Clin Chest Med* 1989; 10: 119-214.
2. Clausen JL. Maximal inspiratory and expiratory pressures. En: *Pulmonary function testing. Guidelines and controversies*. Nueva York: Grune & Stratton Inc, 1984; 187-191.
3. American Thoracic Society. ATS Statement-snowbird workshop on standardization of spirometry. *Am Rev Respir Dis* 1979; 119: 831-837.
4. Quanjer PhH. Standardized lung function testing. Report working party "standardization of lung function tests". European Community for Coal and Steel. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1983; 19 (Supl): 1-95.
5. Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis* 1969; 99: 696-702.
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. Vincken W, Ghezzi H, Cosio MG. Maximal static respiratory pressures in adults: normal values and their relationship to determinants of respiratory function. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1987; 23: 435-439.
8. Ferris BJ Jr. Epidemiology standardization project. *Am Rev Respir Dis* 1978; 6 (parte 2): 7-35.
9. Casán P, Mayos M, Galdiz J, Giner J, Fiz JA, Montserrat JM et al. Técnicas y procedimientos. Determinación de las presiones respiratorias estáticas máximas. Propuesta de procedimiento. *Arch Bronconeumol* 1990; 26: 223-228.
10. Ringquist 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; 18 (Supl): 1-179.
11. Gilbert R, Auchincloss JH Jr, Bleb S. Measurement of maximum inspiratory pressure during routine spirometry. *Lung* 1978; 155: 23-32.
12. Herrera L. The precision of percentiles in establishing normal limits in medicine. *J Lab Clin Med* 1958; 52: 34-43.
13. Rochester DF. Tests of respiratory muscle function. *Clin Chest Med* 1988; 9: 249-261.
14. Van Ganse W, Billiet L, Ferris BG Jr. Medical criteria for the selection of normal subjects. *Panminerva Medica* 1970; 1: 15-27.
15. Quanjer PhH, Stocks J, Polgar G, Wise M, Karlberg J, Borsboom G. Compilation of reference values for lung function measurements in children. *Eur Respir J* 1989; 2 (Supl 4): 184-261.
16. Elveback LR. The population of healthy persons as a source of reference information. *Human Path* 1973; 4: 9-16.
17. Rah H, Otis AB, Chadwick LE, Fenn WO. The pressure volume diagram of the thorax and lung. *Am J Physiol* 1946; 146: 161-178.
18. Morales P, García C, Sanchis J, Marco V. Influence of physical exercise on the maximum static respiratory pressures. *Eur J Respir Dis* 1991; 4 (Supl 14): 393.
19. Morales P, Díez JL, Marco V, Casán P, Sanchis J. Maximal static respiratory pressures. Relationship to age. *Eur J Respir Dis* 1989; 2 (Supl 8): 847.
20. Morales P, Sanchis J, Díez JL, Marco V. Intra-individual variability of maximal respiratory pressures. *Eur J Respir Dis* 1990; 3 (Supl 10): 371.