

Modificación de parámetros espirométricos en inmersión acuosa

M. A. ATIN. *Prof. Ayudante EE. UU. Fisioterapia. Madrid*

L. P. RODRIGUEZ. *Catedrático de Rehabilitación. Fac. de Medicina. Madrid*

J. C. MIANGOLARRA. *Prof. Asociado Fac. de Medicina. Madrid*

T. ANGULO. *Prof. Ayudante EE. UU. Fisioterapia. Madrid*

R. VALERO. *Prof. Asociado EE. UU. Fisioterapia. Madrid*

Cuando un individuo se sumerge en el agua hasta el cuello, la parte del cuerpo sumergida soporta una presión adicional (Pr. hidrostática) ejercida por la masa de agua que le rodea, y esta presión es directamente proporcional a la distancia vertical desde cada punto del cuerpo hasta la superficie del agua. El promedio de presión que actúa sobre la pared torácica a diferentes volúmenes pulmonares durante la inmersión es de 20 cm. de agua, al final de la espiración espontánea, presión que se transmite al gas intrapulmonar a través de la pared torácica.

Una disminución en el volumen de reserva espiratorio (ERV), ha sido observada durante la inmersión y se atribuye a la compresión ejercida por el agua sobre el abdomen que empuja el diafragma cefálicamente, situándolo en una posición de máxima espiración al final de la espiración espontánea, aunque aquí, el diafragma estará relajado reflejando un cambio de la posición de la capacidad residual funcional (FRC).

La presión hidrostática produce también, sobre el organismo sumergido, una redistribución sanguínea desde los miembros inferiores hasta la cavidad torácica, calculado en 700 ml; además del aumento en presión venosa central; aumento de presión en arterias pulmonares y aumento de la presión intratorácica entre tres y cinco centímetros en agua.

La disminución en la capacidad vital (VC) puede ser, en parte, debida al desplazamiento en el volumen de sangre torácico, y podría explicar un 60 % de esta disminución. La reducción adicional es debida a la presión hidrostática que contrarresta la fuerza de los músculos inspiratorios; ya que en estos sujetos el límite superior de la capacidad vital es condicionado por el balance entre las fuerzas oponentes de estructuras pasivas y las de los músculos inspiratorios.

Similares argumentos son usados para predecir que el volumen residual (RV) puede decrecer cuando el sujeto es sumergido en agua. En esta situación, la presión hidrostática pudo añadirse a la máxima fuerza que puede ser desarro-

llada por los músculos espiratorios. El factor de incremento del volumen de sangre torácico puede también contribuir al decremento.

El trabajo total de la respiración aumenta en inmersión, el 75 % del cual es debido a un incremento del trabajo elástico y el resto al trabajo dinámico por un incremento de la resistencia aérea al flujo. Este incremento de la resistencia cifrada en un 58 % es aplicada por la acompañante reducción del volumen pulmonar.

Apoyados en estas observaciones, en el presente trabajo hemos valorado las posibles modificaciones de los siguientes parámetros: FVC, FEV 0,5, FEV 1, FEV 2, FEV 3, CVIN, PIF, PEF, TPEF, MTT.

En estas mediciones se ha utilizado un sistema pneumotacográfico medidor de flujo, cuya integración en el tiempo permite conocer el volumen. Sus características técnicas son las siguientes:

- Linealidad de 0,15 L/sg.
- Resolución de flujo de 5 ml/sg.
- Resolución de volumen de 10 ml.
- Registro final de espiración a un flujo de 50 ml/sg, durante 0,5 sg.
- Convertidor analógico/digital de 12 bits y
- Tiempo de conversión de 12 msg.

Condiciones ambientales (temperatura, humedad y presión barométrica) son corregidas por el aparato a condiciones BTPS.

Son utilizadas por el sistema para el cálculo de los valores teóricos, las ecuaciones de regresión publicadas por KNUDSON en 1976 y de MACFIE publicadas en 1979.

La muestra estudiada incluye 21 sujetos voluntarios. Para su selección nos basamos en los criterios recomendados por la American Thoracic Society (ATS) y la NHLI Division of Lung Disease

(DLD) para exámenes espirométricos y estudios epidemiológicos en cuanto a la función pulmonar. Se realizó una anamnesis y exploración por aparatos en cada sujeto y se incluyeron en la muestra aquellos sujetos que sin antecedentes de patología pulmonar y con valores espirométricos para FVC y FEV 1 igual o mayor al 80 % con respecto a sus respectivos teóricos; apoyados en los criterios de MILLER de normalidad para estas variables, no tenían patología cardíaca previa, ni alteraciones de la biomecánica vertebral.

La edad media de la distribución es de 23,52 años, con un valor mínimo de 19 años y un máximo de 73 años; del total 10 eran varones (47,6 %) y 11 eran mujeres (52,4 %).

Se instruyó a los sujetos, técnicamente, para una correcta ejecución de la prueba. Se aseguró el ajuste adecuado de la boquilla del pneumotacógrafo a la boca y se colocó una pinza nasal. Los sujetos colocados en posición ortostática, fueron requeridos a efectuar la maniobra máxima fuera del agua. Posteriormente se introdujeron en una piscina terapéutica, y en la misma posición se repitió la misma maniobra, pero ahora en agua hasta el nivel del cuello. La temperatura del agua de la piscina osciló en todos los casos entre los 34° C y 36° C.

Resultados

Los datos correspondientes a los valores de las variables (media, desviación típica, error estándar, valores mínimo y máximo) en las condiciones fuera del agua y en inmersión, se reflejan en las tablas adjuntas (1 y 2).

Tabla 1

ESTADISTICA BASICA VALORES EN SECO
n = 21

Variable	Media	Desv. Tip.	Er. Est.	Min.	Máx.
FVC	3.3	0.874	0.190	1.9	4.8
FEV 0.5	2.081	0.587	0.128	1.2	3.6
FEV1	2.938	0.817	0.178	1.6	4.7
FEV2	3.262	0.885	0.193	1.9	4.8
FEV3	3.3	0.874	0.191	1.9	4.8
CVIN	3.423	0.915	0.199	1.8	5.2
PEF	6.571	1.933	0.421	4.1	10.8
PIF	4.138	1.879	0.410	1.4	7.4
TPEF	0.200	0.058	0.013	0.11	0.31
MTT	0.510	0.136	0.029	0.34	0.94

Tabla 2

ESTADISTICA BASICA VALORES EN INMERSION
n = 21

Variable	Media	Desv. Tip.	Er. Est.	Min.	Máx.
FVC	3.24	0.783	0.170	2.1	4.7
FEV 0.5	1.943	0.489	0.107	1.3	3.2
FEV1	2.738	0.634	0.138	1.6	4.3
FEV2	3.157	0.756	0.165	1.9	4.6
FEV3	3.228	0.779	0.170	2	4.7
CVIN	3.314	0.842	0.183	1.9	5
PEF	6.466	1.873	0.408	4.4	10.2
PIF	3.876	1.660	0.362	1.6	6.9
TPEF	0.201	0.071	0.015	0.08	0.32
MTT	0.554	0.159	0.034	0.34	0.83

Se hizo un estudio comparativo de las variables en las dos condiciones, fuera del agua y en inmersión, por procedimiento estadístico de T-Student para datos pareados que arrojó los resultados que se recogen en la tabla 3 y cuya significación estadística aparece en la tabla 4.

Tabla 3

COMPARACION MEDIAS SECO-INMERSION
DATOS PAREADOS n = 21

Variable	Media	Des. Tip.	Er. Est.	t Student	gl	Pr.
FVC	0.052381	0.91635	0.057163	0.91635	20	0.37040
FEV 0.5	0.1381	0.23553	0.051398	2.6868	20	0.01418
FEV1	0.2	0.25884	0.056484	3.5408	20	0.00205
FEV2	0.10476	0.20851	0.0455	2.3024	20	0.03218
FEV3	0.071429	0.23905	0.052164	1.3693	20	0.18608
CVIN	0.10952	0.23001	0.050192	2.1821	20	0.04120
PEF	0.10476	0.76451	0.16683	0.62796	20	0.53714
PIF	0.2619	0.75065	0.16381	1.5989	20	0.12553
TPEF	-0.000476	0.06523	0.014234	-0.033454	20	0.97364
MTT	-0.044286	0.12384	0.027024	-1.6388	20	0.11690

Tabla 4

SIGNO Y NIVEL DE SIGNIFICACION
n = 21

FVC	(—)	NO SIGNIFICATIVO	
FEV 0.5	(—)	SIGNIFICATIVO	(P < 0.05)
FEV1	(—)	SIGNIFICATIVO	(P < 0.01)
FEV2	(—)	SIGNIFICATIVO	(P < 0.05)
FEV3	(—)	NO SIGNIFICATIVO	
CVIN	(—)	SIGNIFICATIVO	(P < 0.05)
PEF	(—)	NO SIGNIFICATIVO	
PIF	(—)	NO SIGNIFICATIVO	
TPEF	(+)	NO SIGNIFICATIVO	
MTT	(+)	NO SIGNIFICATIVO	

La capacidad vital inspiratoria, mostró una disminución estadísticamente significativa en inmersión del 1 % con (P < 0.05). Esta disminución pensamos podría ser explicada al menos en parte por la acción de la presión hidrostática. No se han encontrado diferencias significativas en la capacidad vital forzada; podría ser debido

a que la presión hidrostática puede añadirse a la máxima fuerza desarrollada por los músculos espiratorios.

En inmersión también encontramos disminuciones significativas para el volumen espiratorio forzado en 0,5 sg. de 7 % (P < 0.5), volumen espiratorio forzado en 1 sg. de 7 % (P < 0.01), y volumen espiratorio forzado a los 2 sg. de 3 % (P < 0.05); el volumen espiratorio forzado a los 3 sg. no tuvo cambios significativos. El aumento de presión intrapulmonar consecutiva a la inmersión, podría aumentar la compresión de gas torácico durante la maniobra espiratoria máxima y, por tanto, alterar la interrelación entre máximo flujo espiratorio y volumen. Aplicando la ley de Boyle puede ser estimado el efecto de la compresión de gas torácico sobre el máximo flujo a la boca. Esta ley establece que a temperatura constante, el volumen de gas varía inversamente con la presión a la cual es sometido. El efecto de la compresión de gas torácico sobre el volumen pulmonar haría disminuir el FEV 1. Una vez lograda una presión conductora, el flujo estaría limitado a un máximo y no cambiaría con incrementos de presión.

Estación Termal de Lanjarón

SIERRA NEVADA (Granada)

(a 50 Kms. de Granada, 135 de Almería y 146 de Málaga)

MANANTIAL CAPUCHINA

— Afecciones de hígado y vías biliares

MANANTIAL SAN VICENTE

— Afecciones renales y de vías urinarias

MANANTIAL EL SALADO

— Afecciones de aparato locomotor y aparato respiratorio

- **SERVICIOS DE BALNEOTERAPIA:**
Baños, baños de burbujas y carbogaseosos
Duchas y masajes subacuáticos
- **MECANOTERAPIA Y ELECTROTHERAPIA:**
Masajes vibratorios, tracciones, onda corta
- **INSTALACIONES:**
Nebulizaciones y Aerosoles
- **INSTALACIONES DEPORTIVAS:**
Tenis, Frontón, Badminton
Parques infantiles

—— TEMPORADA OFICIAL: 1.º JUNIO AL 31 DE OCTUBRE ——
INFORMES: AGUAS DE LANJARON, S. A.
Teléfonos 77 01 37 - 77 01 62 - Telex: 78408 - ALGRA - LANJARON (Granada)