

CIRUGÍA ESPAÑOLA

www.elsevier.es/cirugia


Original

Influencia de la presión atmosférica sobre la incidencia de neumotórax espontáneo

Raúl Díaz *, Manuel Mariano Díez, María José Medrano, Cristina Vera, Paloma Guillamot, Ana Sánchez, Tomás Ratia y Javier Granell

Cirugía General, Hospital Universitario Príncipe de Asturias, Alcalá de Henares, Madrid, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 18 de noviembre de 2012

Aceptado el 26 de febrero de 2013

On-line el 18 de diciembre de 2013

Palabras clave:

Neumotórax espontáneo

Neumotórax idiopático

Presión atmosférica

Variación estacional

Temperatura

Hectopascales

RESUMEN

Introducción: Se analiza la relación entre incidencia de neumotórax espontáneo idiopático (NEI) y presión atmosférica (PA).

Métodos: Se incluyen 288 casos de NEI, 229 hombres y 59 mujeres. Se recogió PA el día del diagnóstico, PA en los 3 días previos y PA media mensual. Se analizó la asociación entre incidencia de NEI y PA mediante cálculo de razón de incidencia estandarizada (RIE) y regresión de Poisson.

Resultados: La PA el día del ingreso (media \pm desviación típica) ($1.017,9 \pm 7$ hectopascales [hPa]), fue más elevada que la PA media mensual ($1.016,9 \pm 4,1$ hPa; $p = 0,005$). Hubo un patrón de distribución mensual del NEI, con mayor incidencia los meses de enero, febrero y septiembre y menor en abril. Cuando la PA fue inferior a 1.014 hPa se registraron menos casos de los que estadísticamente hubiera sido esperable encontrar (58/72 casos); sin embargo, cuando la PA fue superior a 1.019 hPa se registraron más casos de los esperados (109/82 casos) (RIE = 1,25; IC95%: 1,04-1,51). El riesgo de NEI aumentó 1,15 veces (IC 95%: 1,05-1,25; $p = 0,001$) por cada hPa de PA, independientemente del género, la edad y la PA media mensual. Se observó relación dosis-respuesta, con aumentos progresivos del riesgo (IRR = 1,06 cuando la PA fue 1.014-1.016 hPa; 1,17 cuando la PA fue 1.016-1.019 hPa y 1,69 cuando la PA fue superior a 1.019 hPa) (p de tendencia = 0,089).

Conclusiones: La PA es factor de riesgo para la aparición de neumotórax espontáneo idiopático.

© 2012 AEC. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Influence of atmospheric pressure on the incidence of spontaneous pneumothorax

A B S T R A C T

Background: This study analyses the relationship between the incidence of idiopathic spontaneous pneumothorax (ISP) and atmospheric pressure (AP).

Methods: A total of 288 cases of ISP were included, 229 men and 59 women. The AP of the day of diagnosis, of the 3 prior days and the monthly average was registered. The association between the incidence of ISP and AP was analyzed by calculating standardized incidence ratio (SIR) and Poisson regression.

Keywords:

Spontaneous pneumothorax

Idiopathic pneumothorax

Atmospheric pressure

Seasonal variation

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: rauldiazpedrero@hotmail.com (R. DíazQ2).

0009-739X/\$ – see front matter © 2012 AEC. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ciresp.2013.02.028>

Temperature
Hectopascals

Results: The AP on the day of admission (mean \pm standard deviation) ($1,017.9 \pm 7$ hectopascals [hPa]) was higher than the monthly average AP ($1,016.9 \pm 4.1$ hPa) ($P = .005$). There was a monthly distribution pattern of ISP with the highest incidence in the months of January, February and September and the lowest in April. When AP was less than 1,014 hPa, there were fewer cases registered than what would statistically have been expected (58/72 cases). In contrast, when the pressure was higher than 1,019 hPa, the registered cases were more than expected (109/82 cases) ($SIR = 1.25$; 95% CI: 1.04 to 1.51). The risk of ISP increased 1.15 times (95% CI: 1.05 to 1.25, $P = .001$) for each hPa of AP, regardless of sex, age and monthly average AP. A dose-response relationship was observed, with progressive increases in risk ($IRR = 1.06$ when the AP was 1,014-1016 hPa; 1.17 hPa when the AP was 1,016-1,019 hPa and 1.69 when AP was superior to 1,019 hPa) (P for trend = .089).

Conclusion: The AP is a risk factor for the onset of idiopathic spontaneous pneumothorax.

© 2012 AEC. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

El neumotórax espontáneo idiopático (NEI) ocurre frecuentemente por la salida de aire a la pleura procedente de ampollas localizadas habitualmente en el vértice del lóbulo superior del pulmón^{1,2}.

No se conoce bien el proceso que hace que la pared de las ampollas se rompa y se desencadene el NEI. Probablemente las modificaciones en el gradiente transpulmonar (diferencia de presiones entre el alvéolo y la cavidad pleural) tienen un papel importante. De este modo, la rotura se produciría al aumentar el gradiente de presión transpulmonar, desestabilizando el equilibrio entre la ampolla y el parénquima circundante³. Es posible que algo común en la vida cotidiana como son las variaciones barométricas dependientes de la climatología influyan en el equilibrio de presiones entre alvéolo y pleura y predispongan a la aparición de un NEI. Hay estudios que han encontrado influencia de la presión atmosférica (PA), cambios de temperatura, humedad, estación del año, tormentas atmosféricas; algo que concordaría con la observación de que los casos de NEI se presentan de forma agrupada⁴⁻¹¹. La hipótesis es atractiva, pero los resultados publicados no proporcionan datos concluyentes. En este estudio se pretende evaluar la influencia de 2 factores climatológicos, la estacionalidad y la PA, en la aparición del neumotórax espontáneo.

Material y métodos

Se recogieron retrospectivamente los datos de todos los pacientes ingresados consecutivamente con el diagnóstico de NEI en el Hospital Príncipe de Asturias de Alcalá de Henares (Madrid), entre el 1 de enero de 2002 y el 31 de diciembre de 2010. Durante dicho período de tiempo este centro hospitalario fue el único del área sanitaria III de la Comunidad de Madrid, y atendía a unos 400.000 habitantes aproximadamente. A este centro acudían en primera o segunda instancia, tras ser evaluadas por medicina primaria, todas las urgencias.

En nuestro centro, los pacientes con NEI $> 20\%$ (distancia entre pared torácica y pleura visceral > 2 cm) son ingresados y tratados mediante drenaje pleural. Los pacientes con NEI $< 20\%$ permanecen en observación de urgencias 24 h y,

en caso de progresión del NEI, se indica la colocación drenaje pleural y son ingresados. En caso de estabilidad o disminución del NEI, son dados de alta con seguimiento en consultas.

En este estudio se incluyó únicamente a pacientes tratados con tubo de drenaje pleural. No se incluyeron los casos atendidos en urgencias con neumotórax de pequeña cuantía (menor del 20%), sometidos a observación y que no fueron ingresados. El acceso a la información clínica de estos enfermos es muy limitado y, además, su cronología es más incierta. Tampoco se incluyó a los pacientes con neumotórax espontáneo secundario a EPOC o con enfermedad pulmonar crónica previa.

En cada paciente se registró la PA en el día que fue diagnosticado el neumotórax, que fue el primer día de ingreso hospitalario. También se registraron la PA media en los 3 días previos y la PA media del mes. Se tomaron las mediciones realizadas en el observatorio meteorológico del Aeropuerto de Barajas, situado a 15 kilómetros de Alcalá de Henares. Estos datos se obtuvieron en el banco de datos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) (<http://www.aemet.es>). El área geográfica abarcada está en una gran planicie, con nulas variaciones de altitud e idénticas condiciones meteorológicas.

Se elaboró una base de datos que fue analizada con el programa estadístico Stata versión 11. Los casos se agruparon en estratos según el mes, el año y el género. La serie temporal se representó gráficamente y se analizó la tendencia anual y la estacionalidad ajustada por edad y género mediante modelos lineales generalizados de regresión de Poisson.

El análisis multivariante de la asociación entre PA y aparición de neumotórax, ajustado por edad, género y PA media del mes, se realizó mediante regresión de Poisson, asumiendo que el número de casos sigue una distribución binomial negativa. También se analizó la asociación entre el número de casos y la PA media de los 3 días anteriores al ingreso. Los resultados se expresan en forma de razón de tasas de incidencia (IRR) y su intervalo de confianza (IC) del 95%. IRR es una medida del riesgo asociado similar al riesgo relativo.

Resultados

La serie estudiada incluye 288 casos de NEI; todos ellos precisaron drenaje pleural. Del total, 229 (79,5%) fueron

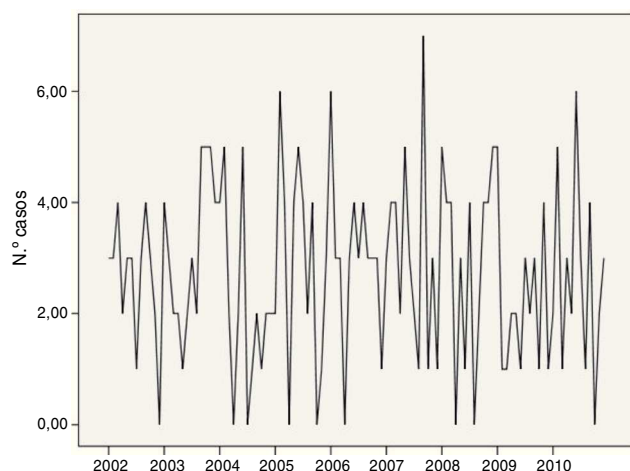


Figura 1 – Número de casos mensuales de neumotórax espontáneo 2002-2010.

hombres y 59 (20,5%) mujeres, con una edad media de 30,7 (± 13) años. Se realizó tomografía computarizada en 94 casos (32,6%), demostrándose en 83 casos (28,8%) la presencia de ampollas apicales. En 63 pacientes (21,9%) se realizó toracoscopia y resección de ampollas.

La incidencia de NEI se mantuvo constante a lo largo de los 9 años del estudio. La tendencia anual, ajustada por edad y género, analizada mediante modelos lineales generalizados de regresión, no mostró variaciones significativas (IRR = 1,00; $p = 0,88$, datos no mostrados en tablas). Sí se encontraron variaciones mensuales en la frecuencia de NEI que se acercaban a la significación estadística ($p = 0,10$) (fig. 1). Por ello, agrupamos los mismos meses de los distintos años. De este modo observamos mayor número de casos de los esperados en una distribución normal (24 casos) en los meses de enero, febrero y septiembre y menor número en los meses de abril (tabla 1).

La PA media en los días que hubo neumotórax fue $1.017,9 \pm 7$ hPa, mayor que la presión media mensual que

Tabla 1 – Número de casos observados en cada mes

	Número casos observados	Número casos esperados	RIS	IC95%
Enero	34	24	1,42	1,01-1,98
Febrero	33	24	1,38	0,98-1,93
Marzo	24	24	1,00	0,67-1,49
Abril	11	24	0,46	0,25-0,83
Mayo	25	24	1,04	0,70-1,54
Junio	28	24	1,17	0,81-1,69
Julio	23	24	0,96	0,64-1,44
Agosto	16	24	0,67	0,41-1,09
Septiembre	34	24	1,42	1,01-1,98
Octubre	18	24	0,75	0,47-1,19
Noviembre	22	24	0,92	0,60-1,39
Diciembre	20	24	0,83	0,54-1,29
Total	288	288	1	

RIS: razón de incidencia estandarizada.
IC 95%: Intervalo de confianza del 95%

fue $1.016,9 \pm 4,1$ hPa ($p = 0,005$). En la tabla 2 se observa que la diferencia entre la presión el día del ingreso y la presión media mensual fue más elevada en los meses de febrero ($1,9 \pm 9,5$; $p = 0,243$), marzo ($2,07 \pm 6,4$; $p = 0,13$), mayo ($1,81 \pm 5,1$; $p = 0,091$) y septiembre ($1,5 \pm 3,4$; $p = 0,015$) y fue menor en el mes de abril ($-0,88 \pm 4,7$; $p = 0,55$).

En la figura 2 se muestra gráficamente la evolución de las PA el día del ingreso y la presión media mensual. Se observa como la línea que representa la presión media el día del NEI queda, casi todos los meses, por encima de la línea que representa la presión mensual media. Además se superpone, en un gráfico de columnas, el número de casos de NEI habidos en cada mes. Se observa como en los meses en que hubo más casos de NEI existió mayor PA y la diferencia de presiones fue mayor.

En la tabla 3 se presenta el análisis univariante de la asociación entre incidencia de neumotórax y PA. Los valores de la presión el día del ingreso, la presión en los 3 días previos y la presión mensual se midieron como variables discontinuas y se clasificaron en 4 categorías de acuerdo con su distribución

Tabla 2 – Comparación entre la PA media el día del ingreso y la PA media mensual

	PA en el día del ingreso		PA mensual		Diferencia ingreso-mensual		
	Media	DE	Media	DE	media	DE	p
Enero	1.022,6	8,4	1.022,8	4,0	-0,19	7,7	0,890
Febrero	1.020,8	11,3	1.018,9	5,2	1,97	9,5	0,243
Marzo	1.020,0	6,8	1.017,9	1,8	2,07	6,4	0,130
Abril	1.013,6	4,6	1.014,5	1,0	-0,88	4,7	0,550
Mayo	1.015,9	5,1	1.014,0	1,5	1,81	5,1	0,091
Junio	1.014,1	2,6	1.013,5	1,3	0,61	2,7	0,239
Julio	1.014,3	3,3	1.013,4	0,4	0,97	3,3	0,180
Agosto	1.014,2	3,0	1.013,4	1,3	0,81	3,3	0,346
Septiembre	1.017,1	3,4	1.015,6	1,1	1,50	3,4	0,015
Octubre	1.016,2	6,3	1.015,7	2,2	0,52	5,7	0,707
Noviembre	1.019,6	6,5	1.018,9	1,7	0,74	6,5	0,598
Diciembre	1.020,6	5,9	1.020,1	3,8	0,51	6,5	0,728
Total	1.017,9	7,0	1.016,9	4,1			0,005

DE: desviación estándar; PA: presión atmosférica.

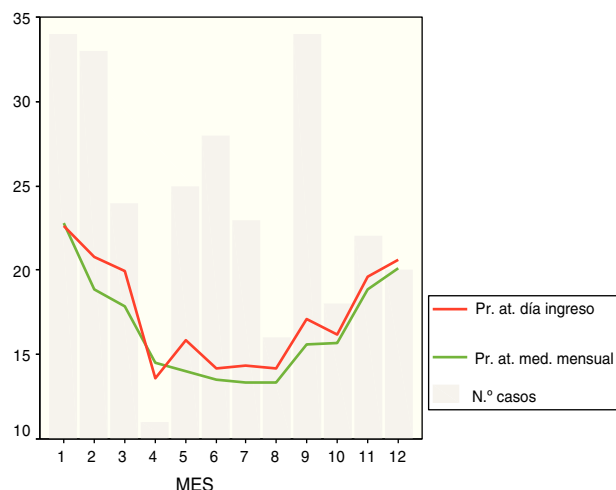


Figura 2 – Representación de la distribución mensual de los casos de neumotórax, la PA el día del ingreso y la PA media mensual.

Pr. at. día del ingreso: Presión atmosférica día del ingreso;

Pr. at. med. mensual: presión atmosférica media mensual.

en cuartiles. Se observó que conforme más alta es PA, más aumentó el número de casos de NEI. Cuando la PA fue inferior a 1.014 hPa se registraron menos casos de los que estadísticamente hubiera sido esperable encontrar (58/72 casos). Por el contrario, cuando la presión fue superior a 1.019 hPa se registraron más casos de los esperados (109/82 casos). Además, la fuerza de la asociación mostró un incremento progresivo desde el primer cuartil (RIS = 0,81; IC95%: 0,63-1,05) hasta el cuarto cuartil (RIS = 1,25; IC95%: 1,04-1,51). No se

observó relación entre número de casos de neumotórax y PA tomada 3 días antes del ingreso.

En la [tabla 4](#) se analiza la asociación entre aparición de NEI y la PA, teniendo en cuenta el efecto de otras variables coincidentes. El riesgo de NEI aumentó 1,15 veces (IC95%: 1,05-1,25; $p = 0,001$) por cada hPa que aumentó la PA el día del ingreso, independientemente del efecto de género, edad y PA media mensual. Repetimos este análisis, pero tomando la PA como variable cualitativa. Observamos que el efecto de la PA sobre la incidencia de neumotórax mostró relación dosis-respuesta, con aumentos progresivos (IRR = 1,06 cuando la presión fue 1.014-1.016 hPa; 1,17 cuando la presión fue 1.016-1.019 hPa y 1,69 cuando la presión fue superior a 1.019 hPa), con una tendencia lineal en el límite de significación estadística (p de tendencia = 0,089).

Discusión

Los datos de nuestro estudio muestran que la PA influye en la aparición del NEI. El riesgo de NEI aumenta 1,15 veces (IC95%: 1,05-1,25; $p = 0,001$) por cada hPa que aumenta la PA, independientemente del efecto de género, edad y presión media mensual. El riesgo se incrementa progresivamente al analizar la PA como variable cualitativa, distinguiendo 4 categorías, con valores muy próximos a la significación estadística: IRR = 1,06 cuando la presión fue 1.014-1.016 hPa; 1,17 cuando la presión fue 1.016-1.019 hPa y 1,69 cuando la presión fue superior a 1.019 hPa (p de tendencia = 0,089).

Por otra parte, la aparición de casos de NEI no se distribuye uniformemente a lo largo de todos los meses del año, sino que cursa de forma paralela a la evolución de la PA. De hecho, encontramos mayor número de casos en los meses de enero, febrero y septiembre, épocas que en nuestro país son de

Tabla 3 – Análisis univariante de la relación entre neumotórax y PA

	PA	N.º casos observados	N.º casos esperados	RIS	IC95%
PA día del ingreso					
1 ^{er} cuartil	<1.014,1	58	72	0,81	0,63-1,05
2 ^o cuartil	1.014,1-1.016,2	51	57,8	0,88	0,67-1,16
3 ^{er} cuartil	1.016,3-1.019	71	72	0,99	0,78-1,25
4 ^o cuartil	>1.019	108	86,2	1,25	1,04-1,51
PA 3 días antes					
1 ^{er} cuartil	<1.015	67	72	0,89	
2 ^o cuartil	1.015-1.016,7	55	72	0,76	
3 ^{er} cuartil	1.016,9-1.018,6	76	57,8	1,31	
4 ^o cuartil	>1.018,7	93	86,2	1,03	
PA media mensual					
1 ^{er} cuartil	<1.014,1	86	86,2	1,00	0,81-1,24
2 ^o cuartil	1.014,1-1.015,62	51	57,8	0,88	0,67-1,16
3 ^{er} cuartil	1.015,7-1.019	71	72	0,99	0,78-1,25
4 ^o cuartil	>1.019	80	72	1,11	0,89-1,38
Diferencia PA día ingreso-PA media mensual					
1 ^{er} cuartil	<-0,87	21	29,4	0,71	0,46-1,09
2 ^o cuartil	0-0,63	76	86,2	0,88	0,70-1,10
3 ^{er} cuartil	0,64-1,24	102	100,4	1,02	0,84-1,24
4 ^o cuartil	>1,24	89	72	1,24	1,01-1,53

IC95%: intervalo de confianza del 95%; PA: presión atmosférica; RIS: razón de incidencia estandarizada.

Tabla 4 – Efecto de la presión sobre la incidencia del neumotórax. Resultados ajustados por género, edad y PA media mensual

	Ajustado por edad y <u>género</u>			Ajustado por edad, <u>género</u> y PA media del mes		
	IRR	IC95%	P	IRR	IC95%	P
PA día del ingreso	1,06	1,02-1,10	0,002	1,15	1,05-1,25	0,001
1° cuartil	1	(referencia)		1	(referencia)	
2	1,06	0,71-1,58	0,786	1,06	0,71-1,59	0,761
3	1,11	0,75-1,66	0,600	1,17	0,74-1,83	0,495
4	1,52	1,08-2,15	0,017	1,69	0,97-2,92	0,062
P tendencia lineal			0,014			0,089
PA 3 días previos	1,03	0,99-1,07	0,11	1,01	0,95-1,12	0,836
Edad	1,04	0,98-1,11	0,184	1,04	0,98-1,11	0,180
Género femenino	0,25	0,18-0,35	<0,0001	0,26	0,18-0,36	<0,001
PA media mensual	-	-	-	0,98	0,92-1,05	0,633

IC95%: intervalo de confianza del 95%; PA: presión atmosférica; RIS: razón de incidencia estandarizada.

estabilidad climatológica y mayor PA, es decir tiempo frío y anticiclónico¹². Asimismo, encontramos menor número de casos en abril, época de mayor inestabilidad y menor PA.

Alifano et al.¹⁰ encontraron en su estudio que los casos de neumotórax suelen presentarse agrupados cronológicamente formando «clusters», en periodos cortos de 2-4 días se suelen presentar grupos de 2-3 sujetos, seguidos de un espacio de tiempo sin observación de nuevos casos, lo que ya había sido observado en estudios previos^{5,7,8}. Dichos «clusters» se encuentran estrechamente relacionados con variaciones significativas entre PA el día de aparición del NEI y el día previo.

Respecto a la estacionalidad, los estudios son más contradictorios. Accard et al.⁹ encontraron un incremento de casos los meses entre noviembre y febrero. Bulajich et al.⁶ relacionan la aparición del neumotórax espontáneo en situaciones anticiclónicas y en pasos de frente frío. Incluso se ha intentado relacionar con ciertas situaciones climáticas especiales^{13,14}. Existen muchas similitudes con nuestro estudio, si bien estos resultados no se ajustan en su totalidad a los obtenidos. Conviene destacar que las zonas geográficas no son las mismas. En muchos otros estudios no se consigue demostrar una relación estacional¹⁰.

Obuchi et al.¹⁵ hacen mención del «mecanismo metereológico», relacionándolo con otros estudios de similar enfoque, en los que se relacionan los cambios metereológicos con ciertas enfermedades^{16,17}.

Si tenemos en cuenta que la PA varía habitualmente entre 995 y 1.025 hPa, que las oscilaciones diarias son de alrededor de 5 hPa y las diferencias estacionales de 15-20 hPa entonces, un aumento de la PA de 1 hPa no es tan pequeño en términos relativos, pues representa un incremento del 5%. Sin embargo, parece poco probable que se trate tan solo de una acción directa de la presión^{8,10}, como así ocurre en el submarinismo. En primer lugar por la gran diferencia de magnitud del cambio de presión (varias atmósferas frente a algunos hPa) y, en segundo lugar, por el hecho de que con cada respiración hay un punto en el que se iguala la presión del aire en el árbol bronquial con el aire atmosférico. Por otra parte, existe evidencia de alteraciones histopatológicas en el pulmón que ha sufrido un NEI, encontrándose cambios de «tipo enfisema», aumento de la permeabilidad pleural e

inflamación¹⁸, algo que explicaría la aparición de neumotórax en aquellos pacientes en los que no se demuestra la existencia macroscópica de ampollas. Pensamos que estos cambios histológicos se verían potenciados, entre otros factores, por el efecto de condiciones climáticas concretas.

Para dar una explicación al hecho de que estos días de meses fríos con un aumento en la PA (tiempo anticiclónico) se relacionen con la aparición del NEI, podemos plantear la siguiente hipótesis. De manera fisiológica, el aire atmosférico es calentado y humidificado progresivamente, llegando al alvéolo, hasta alcanzar la temperatura corporal de 36,5°C y una presión parcial de vapor de agua de unos 63 hPa¹⁹, lo que conlleva una absorción de una cantidad de energía por parte del gas. Según la teoría cinética de gases, dicho incremento en la energía cinética se traduciría en un incremento del producto de la presión y el volumen. Con lo cual, el gas se expande y aumenta su presión²⁰.

El aire atmosférico más frío y más seco precisaría una mayor absorción de energía para alcanzar la temperatura y la presión de vapor que aquel que posee mayor temperatura y mayor humedad, con lo que hay una mayor variación de volumen. En condiciones basales, la diferencia de presiones entre el alvéolo y la cavidad pleural oscila alrededor de unos 3-4 hPa, aunque la diferencia se modifica con los movimientos respiratorios. Si tenemos en cuenta que una parte importante de estos pacientes presentan ampollas, estas aumentan progresivamente de tamaño con cada ventilación y su pared se va adelgazando al aumentar el volumen. A igualdad de presiones, las paredes de la ampolla sufren mayor tensión que las paredes del alvéolo, ya que la tensión de la superficie de una esfera es directamente proporcional a su radio según la fórmula de Laplace-Young, aumentando más estas de volumen y produciéndose un adelgazamiento crítico con permeabilidad al gas e, incluso, rotura.

Este estudio tiene algunas limitaciones. En primer lugar, al tratarse de un estudio retrospectivo no conocemos ciertos datos epidemiológicos y sobre todo, cuál fue la fecha exacta de inicio de NEI. Es posible que la fecha de diagnóstico y la fecha real de comienzo del neumotórax no coincidan. En la historia clínica no siempre está reflejado este dato. Por eso hemos preferido tomar como fecha índice la fecha de diagnóstico, dado que es un dato objetivo y constatable en todos los casos.

Por otra parte, no se han tenido en cuenta los enfermos con neumotórax de pequeña cuantía y sometidos a observación sin ingreso hospitalario, ya que la información clínica disponible de estos enfermos es irregular e incompleta. No creemos que la no inclusión de este grupo haya podido influir en los resultados finales. Es lógico pensar que los NEI de pequeño tamaño comparten una misma etiopatogenia con los NEI de mayor tamaño. Por lo que, en principio, los resultados podrían considerarse extrapolables. Finalmente, habría sido interesante haber tenido en cuenta una batería de datos climatológicos más amplia: temperatura, humedad.

Los datos presentados indican que el incremento de PA es un factor de riesgo para la aparición del NEI. Las limitaciones del estudio no permiten cuantificar de forma definitiva el peso del efecto de la PA. En futuros estudios se debe analizar la influencia de otros factores concurrentes.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

- Schramel F, Postmus PE, Vanderschueren RG. Current aspects of spontaneous pneumothorax. *Eur Respir J*. 1997;10:1372-9.
- Ohata MSH, Suzuki H. Pathogenesis of spontaneous pneumothorax. With special reference to the ultrastructure of emphysematous ampollae. *Chest*. 1980;77:771-6.
- Tzani P, Pisi G, Aiello M, Olivieri D, Chetta A. Flying with respiratory disease. *Respiration*. 2010;80:161-70.
- Suarez-Varel MM, Martinez-Selva MI, Llopis-Gonzalez A, Martinez-Jimeno JL, Plaza-Valia P. Spontaneous pneumothorax related with climatic characteristics in the Valencia area (Spain). *Eur J Epidemiol*. 2000;16:193-8.
- Smit HJ, Devillé WL, Schramel FM, Schreurs JM, Suttedja TG, Postmus PE. Atmospheric pressure changes and outdoor temperature changes in relation to spontaneous pneumothorax. *Chest*. 1999;116:676-81.
- Bulajich B, Subotich D, Mandarich D, Kljajich RV, Gajich M. Influence of atmospheric pressure, outdoor temperature, and weather phases on the onset of spontaneous pneumothorax. *Ann Epidemiol*. 2005;15:185-90.
- Bense L. Spontaneous pneumothorax related to falls in atmospheric pressure. *Eur J Respir Dis*. 1984;65:544-6.
- Scott GC, Berger R, McKean HE. The role of atmospheric pressure variation in the development of spontaneous pneumothoraces. *Am Rev Respir Dis*. 1989;139:659-62.
- Accard JL, Patte F, Combes F, Sorin C, Gaillard F, Garel L, et al. Spontaneous pneumothorax. Clinical study, meteorological correlations, course and treatment. *Rev Tuberc Pneumol (Paris)*. 1972;36:431-46.
- Alifano M, Forti Parri SN, Bonfanti B, Arab WA, Passini A, Boaron M, et al. Atmospheric pressure influences the risk of pneumothorax: Beware of the storm! *Chest*. 2007;131:1877-82.
- Chen CH, Kou CH, Chen Cs Lin HC. Seasonal variation in the incidence of spontaneous pneumothorax and its association with climate: A nationwide population-based study. *Respirology*. 2010;15:296-302.
- García Couto MA. Atlas Climático Ibérico, 1a. ed. Agencia Estatal de Meteorología, 2011. [consultado 20 Jul 2012]. Disponible en: <http://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/publicaciones/Atlas-climatologico/Atlas.pdf>.
- Ozenne G, Poignie P, Lemerrier JP, Nouvet G, Grancher G. Meteorological conditions and spontaneous pneumothorax. Retrospective study of 165 cases in the Rouen area. *Rev Pneumol Clin*. 1984;40:27-33.
- Nkemdirim LC. An empirical relationship between temperature, vapour pressure deficit and wind speed and evaporation during a winter Chinook. *Theor Appl Climatol*. 1991;43:123-8.
- Obuchi T, Miyoshi T, Miyahara S, Hamanaka W, Nakashima H, Yanagisawa J, et al. Does pneumothorax occurrence correlate with a change in the weather? *Surg Today*. 2011;41:1380-4.
- Vergés J, Montell E, Tomàs E, Cumelles G, Castañeda G, Martí N, et al. Weather conditions can influence rheumatic diseases. *Proc West Pharmacol Soc*. 2004;47:134-6.
- Santič Z, Santič F Z., Santič K., Kondza D, Bogut S. The relationships between the asthma and weather. *Med Arh*. 2002;56:155-7.
- Grundy S, Bentley A, Tschoop JM. Primary spontaneous pneumothorax: A diffuse disease of the pleura. *Respiration*. 2012;83:185-9.
- Guyton A, Hall J. Tratado de Fisiología Médica, 10.^a ed. Madrid: McGraw-Hill Interamericana. 2003.
- Tipler P. Física para la ciencia y la tecnología. vol. 1, 4.^a ed. Vizcaya: Reverté. 1999.