

ORIGINALES

LA BRONCOESPIROMETRIA EN EL ESTUDIO DE ALGUNOS ASPECTOS DE LA VENTILACION PULMONAR

J. ALIX.

Director del Centro Colapsoterápico (P. N. A.).
Madrid.

C. LOZANO.

Asistente del Centro Colapsoterápico (P. N. A.).
Madrid.

Hay una serie de hechos en la fisiología y fisiopatología respiratoria que no están suficientemente esclarecidos. Estos hechos se ponen de manifiesto ante algunos métodos exploradores solamente y resultan aparentemente paradójicos porque no conocemos bien el mecanismo de su producción, pero que dejan de ser paradójicos cuando se analiza detenidamente su mecanismo.

Así, por ejemplo, ocurre con la ventilación pulmonar, utilizando para su estudio la broncoespirometría en posiciones decúbito lateral. Varios autores se han mostrado sorprendidos por el hecho de que, en tales condiciones, la ventilación aumenta en el lado subyacente. BJÖRKMANN, en 1934, demostró y explicó el hecho y sus causas, pero la mayoría de los autores que han observado ulteriormente el fenómeno no han recogido los resultados obtenidos por el autor sueco.

Vamos ahora nosotros a reproducir la exploración en las condiciones señaladas, y a estudiar su mecanismo circunstanciadamente, y éste es el objeto de este trabajo.

Las figuras 2 y 3 y tablas I y II corresponden al análisis de un caso cualquiera de aquellos en los que se ha practicado la broncoespirometría en posiciones decúbito lateral.

El sujeto era un enfermo de treinta y un años y tenía un tórax bastante simétrico, con una lesión de carácter infiltrativo ulceroso de escasa densidad en la región subclavicular del pulmón izquierdo. Existía también una muy discreta sínfisis del fondo del ángulo costofrénico derecho (fig. 1). No había limitación intensa de la movilidad diafragmática en este lado, pero sí era ligeramente menor que la del lado izquierdo. La espirometría global proporcionó unos datos que correspondían con bastante aproximación a la suma de los proporcionados por la broncoespirometría.

Decúbito supino.—(La figura 2 y tabla I representan los valores porcentuales de cada lado. La tabla II y la figura 3 representan los valores absolutos.)

Se advierte un aumento de ventilación en el lado derecho, como podía esperarse, teniendo en cuenta no solamente el aumento fisiológico o predominio derecho, sino también la lesión parenquimatosa existente en el pulmón izquierdo. Este predominio ventilatorio del lado derecho es manifiesto en todas las fracciones estudiadas. En cambio, es necesario que resaltemos ya en este momento el hecho de que el consumo de O_2 es igual para ambos pulmones, con lo que la eficiencia ventilatoria es mayor en el pulmón izquierdo, menos ventilado absoluta y relativamente.

Decúbito lateral derecho.—En esta posición se ha mantenido aproximadamente la misma relación entre el aire circulante, C. V., y volumen minuto (V. m.). Se ha producido una disminu-

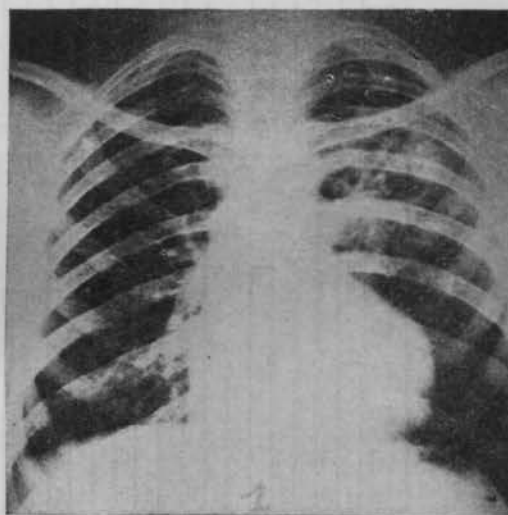


Fig. 1.

ción del aire complementario en el pulmón izquierdo, tanto en su valor absoluto como porcentual. El aire de reserva ha aumentado absoluta y porcentualmente en el izquierdo y ha disminuido en ambos sentidos en el derecho.

En cuanto a la respiración propiamente dicha, encontramos un aumento de consumo de O_2 absoluto y relativo en el pulmón derecho, puesto que, si en posición supino, la proporción de ambos lados era de 50 por 100, respectivamente, en cambio en decúbito lateral derecho la proporción es de 65 por 100 para el derecho y 35 por 100 para el izquierdo, siendo las cifras absolutas en supino 125 c. c. para el izquierdo y 125 para el derecho, mientras que en decúbito lateral derecho las cifras son, respectivamente, 100 y 175 c. c. Esto trae como consecuencia un hecho importante que ha sido señalado por to-

TABLA I

BRONCOESPIROMETRIA EN DECUBITOS. VALORES PROCENTUALES DE AMBOS LADOS

	Decúbito supino		Decúbito derecho		Decúbito izquierdo		Sentado	
	Lado izquierdo	Lado derecho	Lado izquierdo	Lado derecho	Lado izquierdo	Lado derecho	Lado izquierdo	Lado derecho
Aire circulante	33	67	36	64	53	47	33	67
Aire complementario..	45	55	33	67	54	46	46	54
Aire de reserva	38	62	61	39	17	83	37	63
Capacidad vital	42	58	41	59	41	59	40	60
Volumen minuto	36	64	36	64	53	47	34	60
Consumo O ₂	50	50	35	65	50	50	50	50
Eficiencia ventilat. ...	59,5	32,8	40	40,9	39,7	45,7	71,4	37,5

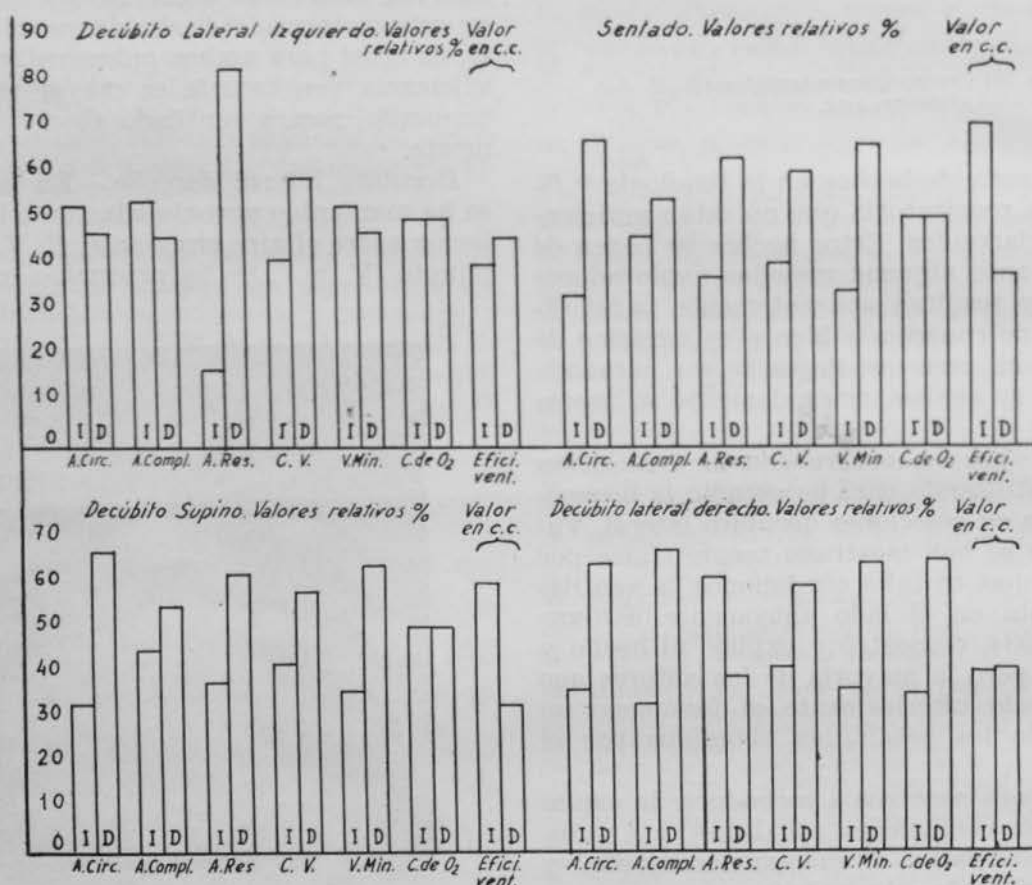


Fig. 2.

dos los autores que han tratado este asunto, y es que la eficiencia ventilatoria (cantidad de O₂ por litro de aire ventilado) se ha modificado fundamentalmente, puesto que si en supino era de 59,5 c. c. en el lado izquierdo y de 32,8 en el derecho, en cambio en el decúbito derecho la eficiencia ha bajado a 40 c. c. en el lado izquierdo y ha subido a 40,9 en el derecho. Es decir, el lado izquierdo ha perdido 19,5 y el lado derecho ha ganado 8,1 c. c., invirtiéndose la proporcionalidad entre ambos.

Decúbito lateral izquierdo.—Aquí se han invertido todos los valores. La proporción de aire circulante aumenta para el pulmón izquierdo en términos absoluto y relativo, ya que el valor absoluto de esta fracción era de 100 c. c. en supino y es de 200 en lateral izquierdo. El aire de

reserva ha disminuído notablemente en valor absoluto, ya que desde 350 en supino ha bajado a 175 en lateral izquierdo, estableciéndose una proporcionalidad entre izquierdo y derecho que es, respectivamente, de 17 por 100 a 83 por 100. El aire complementario ha aumentado discretamente en el izquierdo y ha bajado notablemente en el derecho, evidenciándose, así como se ve en el decúbito derecho, una situación inspiratoria para el pulmón supra y espiratoria para el subyacente. Las proporciones de la C. V. apenas se han modificado.

Por lo que se refiere a la respiración propiamente dicha, comprobamos una proporcionalidad igual entre ambos para el consumo de O₂, pero de acuerdo con el aumento de ventilación del lado izquierdo (V. m. aumentado absoluta y

TABLA II

VALORES ABSOLUTOS EN C. C. DE LAS CONSTANTES VENTILATORIAS EN AMBOS LADOS EN LOS DISTINTOS DECUBITOS

	Decúbito izquierdo		Decúbito derecho		Decúbito supino		Sentado	
	Lado izquierdo	Lado derecho	Lado izquierdo	Lado derecho	Lado izquierdo	Lado derecho	Lado izquierdo	Lado derecho
Aire circulante	100	200	100	200	200	175	125	225
Aire complementario..	825	1.000	650	800	850	725	625	1.250
Aire de reserva	350	575	475	825	175	875	550	350
Capacidad vital	1.270	1.775	1.225	1.825	1.225	1.775	1.300	1.825
Ritmo	21	13	21	20	22	22	20	19
Volumen minuto	2.100	3.800	2.100	4.000	4.400	3.850	2.500	4.275
Consumo O ₂	125	125	150	150	175	175	100	175
Equivalente res.	1,6	3,0	1,4	2,6	2,5	2,2	2,5	2,4
Eficiencia ventilat. ...	59,5	32,8	71,4	37,5	39,7	45,7	40	40,9

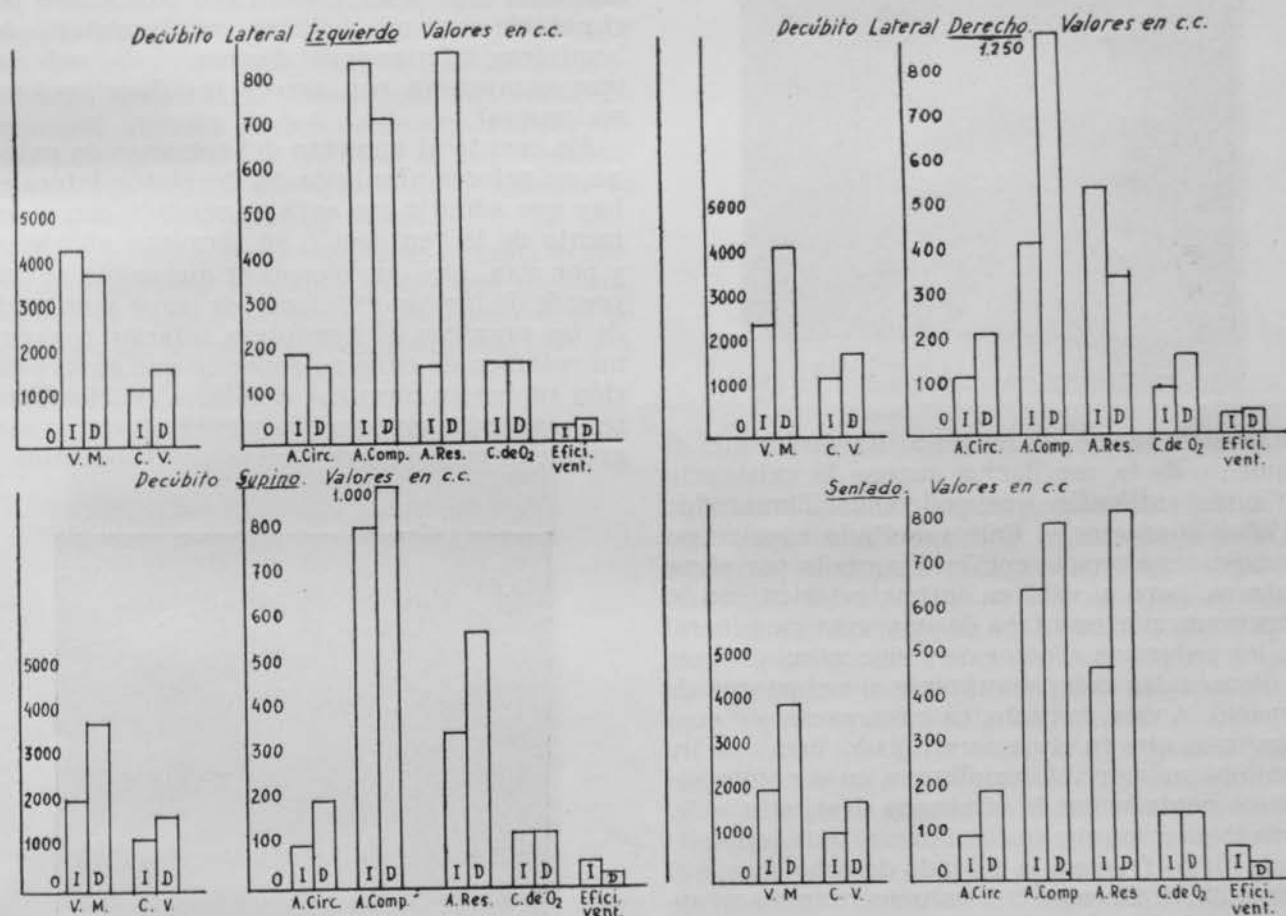


Fig. 3.

relativamente) la eficiencia ventilatoria es proporcionalmente menor que en el lado derecho (suprayacente).

Posición sentado.—En esta posición los valores porcentuales no difieren prácticamente de los correspondientes al decúbito supino, por lo que no le dedicamos comentarios especiales.

Si ahora hacemos un análisis conjunto de lo observado, llegamos a las siguientes consideraciones:

Al pasar de la posición decúbito supino a la posición lateral derecha se produce un aumento proporcional del aire circulante en ambos lados

en el caso analizado. En cambio, al pasar del decúbito supino al izquierdo se produce un aumento del aire circulante izquierdo mucho más acentuado que el del derecho, duplicándose la cifra, y lo mismo acontece con el volumen minuto. Esto se explica porque en este caso existía una sínfisis del hemidiafragma derecho. En cambio, la eficiencia ventilatoria (no obstante aumentar también el consumo de oxígeno) disminuye proporcionalmente por el gran aumento del aire circulante y volumen minuto. En cambio, en el decúbito derecho, en el que no ha aumentado el aire circulante, se advierte un

aumento de eficiencia ventilatoria muy manifiesto (de 32,8 a 45,7 c. c. por litro de aire ventilado). De este análisis obtenemos ya una información interesante, y es la de que el aumento de la ventilación no es paralelo a la eficiencia ventilatoria aunque aumente en cifras abso-

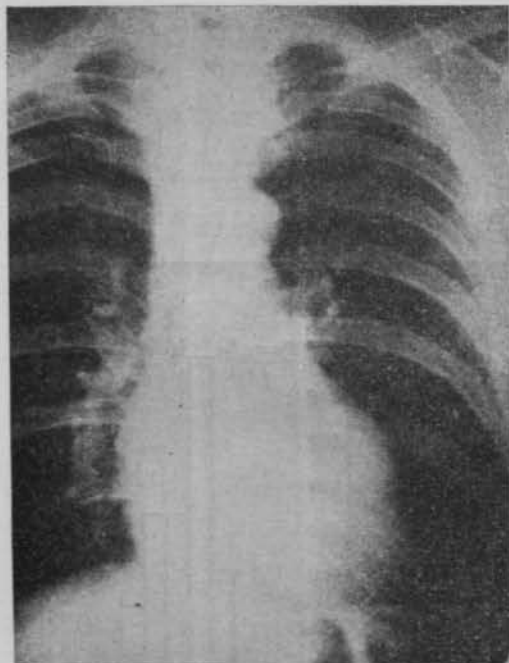


Fig. 4.—Posición orto; inspiración máxima.

lutas el consumo de oxígeno. Es decir, que el aumento de la ventilación supone la existencia de una ventilación que podríamos llamar "de lujo" o innecesaria. Este resultado nuestro no está en consonancia con lo observado por otros autores, pero sí está en íntima relación con lo observado por nosotros de una manera general en los enfermos afectados de lesiones pulmonares o de medidas colapsoterápicas o reductoras de espacio. A este respecto, es interesante que consignemos que en el caso estudiado, como ya indicamos más arriba, se observa en decúbito supino o sentado que la eficiencia ventilatoria del lado izquierdo (que es el enfermo) está muy elevada (59,5) frente a la del lado derecho, que es el sano (32,8). En aquél, el volumen minuto en supino es de 2.100 c. c., mientras que en el derecho es de 3.800 c. c. No nos extraña, pues, que al aumentar la ventilación en el lado izquierdo durante el decúbito izquierdo se produzca una disminución de la eficiencia ventilatoria.

El aire complementario aumenta sistemáticamente en el hemitórax subyacente, certificándose así la situación espiratoria en que se coloca el hemitórax inferior en estado de "volumen pulmonum minor", según ya definió BJÖRKMAN en 1934.

El aire de reserva disminuye sistemáticamente en el hemitórax inferior a causa de su situación espiratoria. Indiscutiblemente, como ya señaló BJÖRKMAN, es la elevación del diafragma la que condiciona en parte la disminu-

ción de volumen del pulmón correspondiente. Así se justifica también el aumento del aire circulante al facilitarse las excursiones diafragmáticas, bien que este aumento se haga en posición espiratoria, y por tanto a menor tensión del parénquima. En el hemitórax superior, en cambio, aumenta notabilísimamente (550 c. c. para el hemitórax izquierdo en el decúbito derecho frente a 350 en supino), viéndose que en el decúbito izquierdo el aumento de esta fracción para el pulmón derecho llega a alcanzar la cifra de 875 frente a 575, que es la cifra correspondiente al supino.

La capacidad vital global aumenta en las posiciones decúbito lateral, igualmente que se advierte con el volumen minuto global y con el consumo de oxígeno. El aumento de la capacidad vital está principalmente condicionado por el notable aumento del aire complementario del hemitórax inferior y del de reserva del superior (que compensan con creces las disminuciones recíprocas).

En cuanto al aumento del consumo de oxígeno en valores absolutos en decúbitos laterales, hay que admitir que está en relación con el aumento de la ventilación en términos absolutos, y por otra, hay que reconocer que según se desprende de las observaciones de otros y en parte de las nuestras, el hemitórax inferior consume un volumen de oxígeno superior que en la posición supino en términos absolutos. Varios autores han atribuido esto a la mayor oferta de sangre en el pulmón subyacente por congestión a

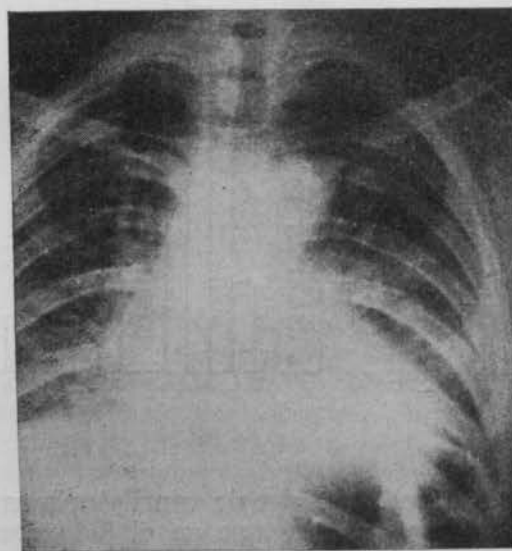


Fig. 5.—Espiración máxima.

causa de la acción de la gravedad. Esto es indudable, y ya veremos dentro de un momento que ello se confirma por las radiografías en posiciones laterales y en distintas fases respiratorias. Pero no podemos pensar que es ésta la única causa. Después veremos por el estudio de los enfermos que el aire de reserva juega un cierto papel en ello. Indudablemente deben existir otros

factores y sospechamos que la relación del aire residual funcional, y aun la del aire residual en sentido estricto, con la capacidad total pulmonar tengan significación. Pero es preciso abstenerse de juicios definitivos hasta haber analizado las relaciones de ventilación a perfusión alveolar, porque quizá en este estudio se halle la clave. Esto será objeto de ulteriores trabajos. Veremos, al examinar las radiografías, que en el pulmón izquierdo las modificaciones correspondientes son menos acusadas que en el derecho, lo que tiene una correcta explicación, probablemente por la presencia del hígado bajo el hemidiafragma derecho, solidarizándose con sus movimientos como una masa sólida, pesada, provista por tanto de mayor inercia.

Examen de las radiografías. — Las imágenes de las figuras dan cuenta mejor que cualquier explicación de las modificaciones impresas por los decúbitos laterales (figs. 4 a 13).

Como comentario, deseamos, sin embargo, subrayar algunos hechos esenciales, porque sirven para comprender algunas de las modificaciones que hemos encontrado en el estudio de las curvas broncoespirográficas.

Hay un hecho importante que permite corroborar y explicar el último punto que comentamos en el párrafo anterior. Este hecho es el siguiente: En la posición decúbito lateral derecho,

derecho el hemidiafragma izquierdo se desplaza en sentido negativo, es decir, que se eleva paradójicamente durante la inspiración.

En las posiciones de inspiración máxima y de máxima espiración los desplazamientos de ambos hemidiafragmas son los siguientes:

En decúbito derecho, el lado derecho experimenta un desplazamiento de 8,50 cm., mientras

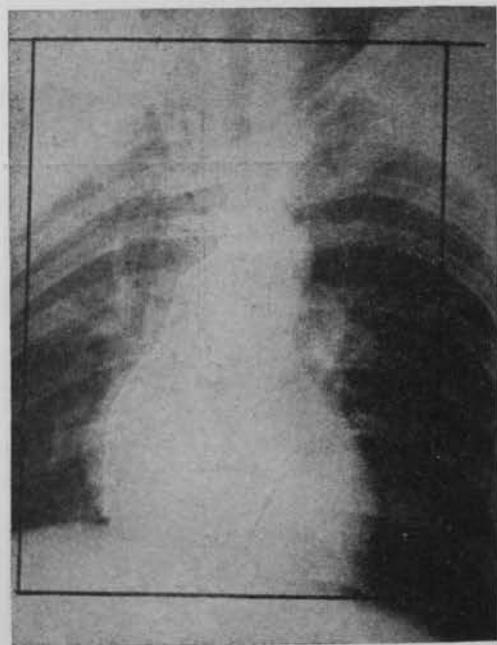


Fig. 6.—Decúbito derecho en inspiración normal.

el desplazamiento del diafragma derecho durante la respiración normal es de 1,20 cm., mientras que en la posición decúbito lateral izquierdo el hemidiafragma izquierdo se desplaza hasta 2,95 cm. Pero lo que es curiosísimo es que mientras en este decúbito izquierdo el hemidiafragma derecho se desplaza en la respiración normal 3,00 cm., en cambio en el decúbito

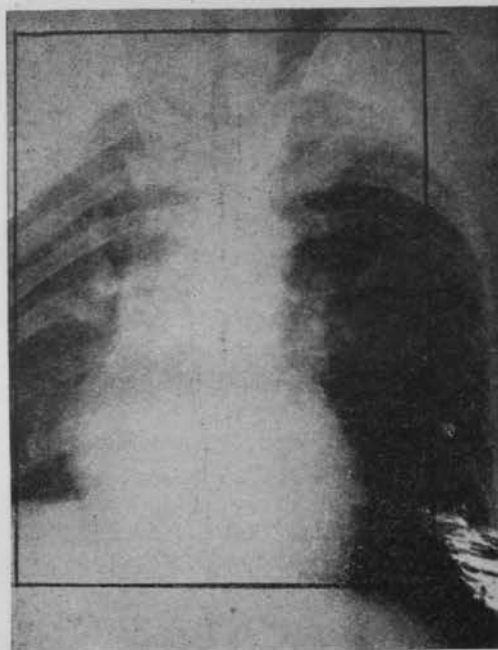


Fig. 7.—Decúbito derecho en espiración normal.

que en el decúbito izquierdo alcanza hasta 10,15 centímetros. En decúbito izquierdo, el lado izquierdo se desplaza 7,2 cm., mientras que en decúbito derecho llega a 7,65 cm. Así se explica el enorme aumento del aire de reserva en el lado derecho durante el decúbito izquierdo y el menor aumento del correspondiente al pulmón izquierdo en el decúbito derecho.

Con esto volvemos a cerrar el comentario del punto anterior, confirmando con la radiología los datos de la espirografía separada de ambos lados, demostrando así la corrección de los métodos.

Una vez hecha esta comprobación debemos añadir que a la disminución del volumen del pulmón subyacente contribuye, como se ve en las radiografías, una tendencia a la mayor oblicuidad de las costillas, que se acentúa notablemente en la espiración forzada. Así comprendemos claramente la disminución del aire reserva e intuimos la del aire residual.

Pero no solamente se comprueban estos hechos, sino que también se puede comprobar sin más que la cantidad de sangre contenida en el pulmón subyacente es muy superior a la del suprayacente.

En resumen, se comprueba por la broncoespirometría una reducción del volumen del pulmón subyacente en los decúbitos laterales, una mayor ventilación basal, un aumento de la ca-

pacidad vital, un aumento de la captación de oxígeno en cifras absolutas, pero una disminución proporcional de la absorción de oxígeno o

to izquierdo, debemos pensar que la mayor ventilación coincide con una disminución del aire residual funcional o de la capacidad de equili-

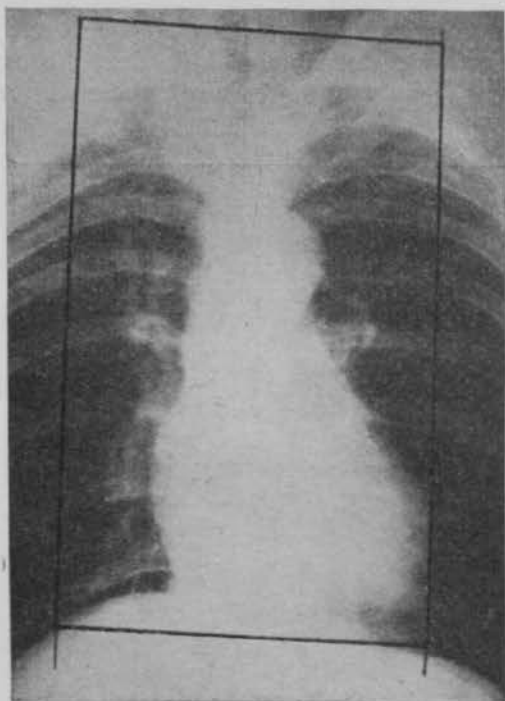


Fig. 8.—Decúbito derecho en inspiración máxima.

eficiencia ventilatoria en el decúbito izquierdo. La exploración radiológica explica en lo que puede estos hallazgos y añade nuevos datos,

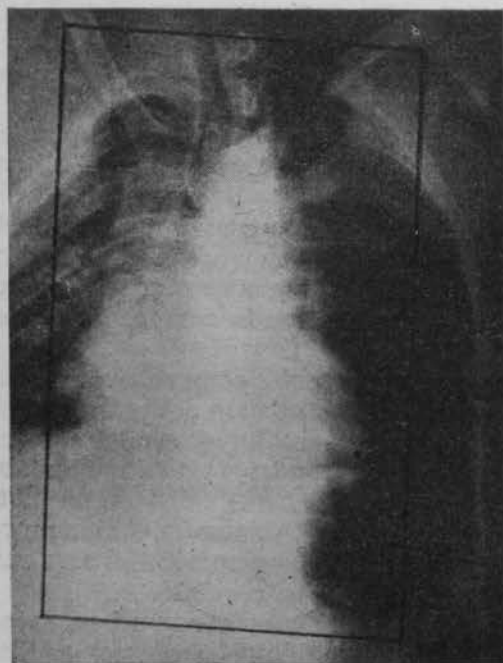


Fig. 9.—Decúbito derecho en espiración máxima.

como es el aumento de la cantidad de sangre contenida en el pulmón subyacente. Si queremos encontrar una explicación a la menor eficiencia ventilatoria del lado inferior en decúbi-

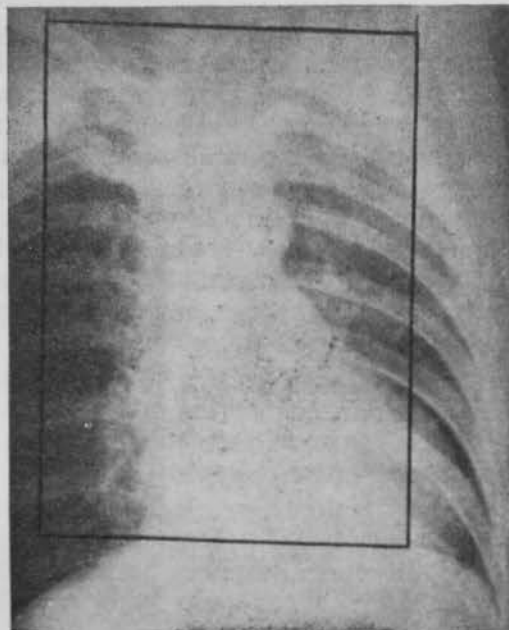


Fig. 10.—Decúbito izquierdo en inspiración normal.

brio, lo que determina que durante la fase espiratoria sea agotado rápidamente el remanente alveolar de oxígeno, y aun cuando en la inspiración la cifra de tensión parcial de oxígeno sea elevada, esto no puede compensar la falta de reservas alveolares para la espiración.

Sin embargo, esta explicación, que puede

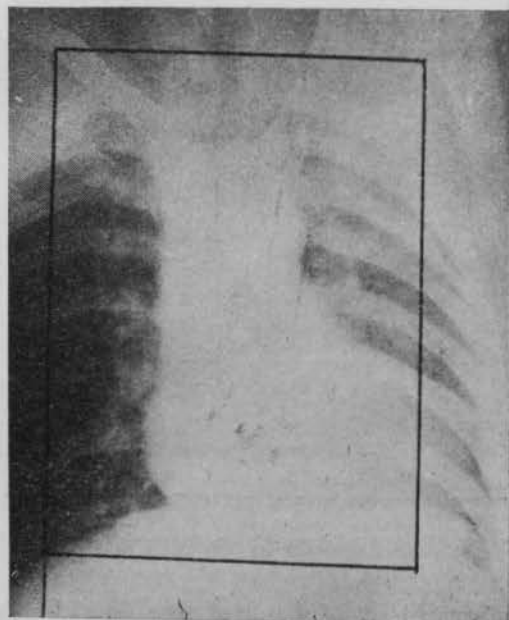


Fig. 11.—Decúbito izquierdo en espiración normal.

aparecer satisfactoria a primera vista, tropezará, en el estudio de los casos clínicos, con algunas dificultades, algunas de ellas plenas de sugerencias (trabajo en preparación).

DISCUSIÓN.

Por las observaciones que mencionamos aquí, se puede llegar a la conclusión de que los decúbitos laterales imprimen notables modificaciones mecánicas en el tórax que se traducen, a nuestra observación, por una reducción o estado de colapso del pulmón subyacente que parte para la inspiración de una posición espiratoria más acentuada que el lado opuesto. Sin embargo, aunque no llega a alcanzar la situación

piración, las condiciones del aire alveolar (reducido en volumen) sean deficientes, por agotamiento rápido, frente a una cantidad de sangre aumentada. Es decir, se llega a unas relaciones ventilación - perfusión desfavorables durante la fase espiratoria. Esta consideración deberá ser confirmada experimentalmente y ese es nuestro propósito para un próximo futuro.

Nuestras observaciones permiten asimismo explicar en parte ciertos hechos advertidos en la clínica y que serán objeto de ulteriores publi-

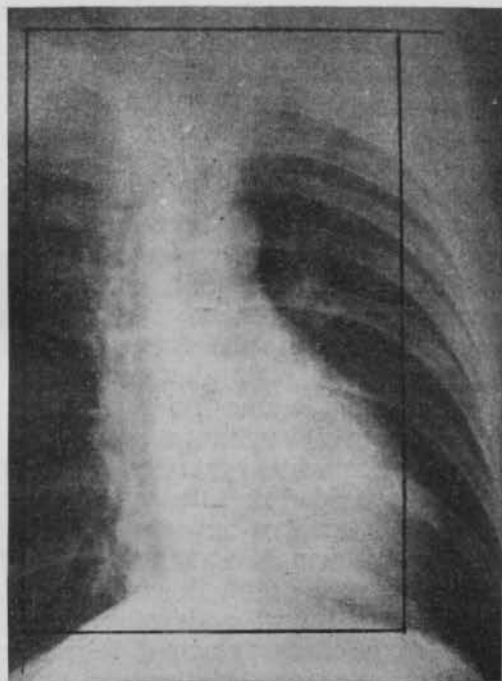


Fig. 12.—Decúbito izquierdo en inspiración máxima.

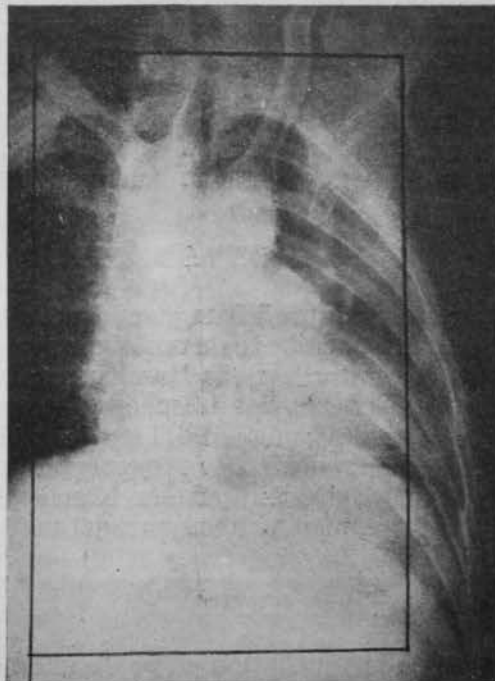


Fig. 13.—Decúbito izquierdo en espiración máxima.

del lado suprayacente al final de la inspiración normal, la excursión total del conjunto del hemitórax es mayor, porque fundamentalmente la posición del hemidiafragma del hemitórax inferior en posición muy elevada durante la espiración, experimenta una excursión que casi llega a nivelarlo con el del lado superior. A causa de esto, y aun manteniéndose el hemitórax a menor volumen (tanto por la posición elevada del hemidiafragma como por el desplazamiento del mediastino), el aire circulante y, por consiguiente, el volumen minuto aumentan notablemente.

A primera vista podría pensarse que la eficiencia ventilatoria debería ser mayor en el lado subyacente por dos motivos principales: uno, la mayor cantidad de sangre que se ve en las radiografías muy claramente, y el otro, la mayor ventilación total. Pero, esto no obstante, podemos comprobar que en ciertas circunstancias el aprovechamiento de O_2 o eficiencia ventilatoria es menor que en el lado suprayacente, y esto creemos que se explica porque la reducción notabilísima del aire de reserva y, por consiguiente, del aire residual funcional determinan probablemente que, al menos durante la es-

caciones. Uno de ellos es que precisamente el hemitórax, menos ventilado en ciertas circunstancias (por enfermedad parenquimatosa, que merma campo de hematosiis, o por reducción de un hemitórax por métodos colapsoterápicos), suele poseer una mayor eficiencia ventilatoria.

Otro de los hechos que se explican ahora fácilmente es la tendencia al cierre de las cavernas mediante el decúbito lateral sobre el lado enfermo (experiencias en Selly referidas por FIGUERA AYMERICH). La mejoría no es por el reposo del pulmón subyacente, ya que vemos que, por el contrario, tiene mayor movilidad, sino más bien por la relajación que supone la posición espiratoria y la congestión visible en las radiografías.

Este es, en suma, un punto de partida para otros estudios que tenemos en marcha.

RESUMEN.

Se analiza la ventilación en posición de decúbito lateral, llegando a la conclusión de que el hemitórax subyacente ventila más que el suprayacente a causa de que el punto de partida para

la inspiración es para el pulmón subyacente la posición de "volumen pulmonum minor" y para el superior la de "volumen pulmonum auctum".

BIBLIOGRAFIA

- BJÖRKMAN.—Bronchspirometrie. Acta Med. Scand. Suppl. 56, 1934.
IMADA, KISHIMOTO, SATO y WATANABE.—J. Thor. Surg., 27, 173, 1954.

SUMMARY

Ventilation in the lateral recumbent position is analysed. It is concluded that the underlying hemithorax ventilates more than the overlying one, owing to the fact that the starting point for inspiration is: the position of "volumen pulmonum minor" for the underlying lung, and that of "volumen pulmonum auctum" for the upper lung.

ZUSAMMENFASSUNG

Es wird die Durchlüftung in der Seitenlage untersucht und die Schlussfolgerung gezogen, dass der unterliegende Hemithorax besser durchlüftet wird als der überliegende, da für die unterliegende Lunge die Lage des "volumen pulmonum minor" der Ausgangspunkt für die Einatmung ist, während der überliegenden Lunge das "volumen pulmonum auctum" entspricht.

RÉSUMÉ

Analyse de la ventilation en position de décubitus latéral, tirant la conclusion de que l'hémithorax sous-jacent ventile plus que le supra-jacent, car le point de départ pour l'inspiration c'est: pour le poumon sous-jacent la position de "volumen pulmonum minor" et pour le supérieur celle de "volumen pulmonum auctum".

VENTILOTERAPIA EN EL ASMA BRONQUIAL Y ENFISEMA PULMONAR (*)

F. LAHOZ NAVARRO, J. PÉREZ GUERRERO
y J. MARTÍN CONTRERAS.

Instituto de Investigaciones Clínicas y Médicas.
Director: Profesor C. JIMÉNEZ DÍAZ.
Madrid.

La base fisiopatológica del asma bronquial y del enfisema pulmonar descansa en la insuflación rígida del pulmón. Las causas de esta insuflación son varias, pero a la cabeza de todas figura la obstrucción bronquial, cuyo importante papel y objetivación ha sido puesto de ma-

nifiesto en los modernos estudios de fisiología respiratoria con la construcción del diagrama presión-volumen (CRISTIE¹, MEAD², DAYMAN³ y FRY⁴), viéndose claramente en los mismos un aumento del trabajo de la respiración, debido fundamentalmente al impedimento del paso del aire por las vías aéreas no totalmente permeables.

Es preciso hacer resaltar, como tantas veces ha hecho JIMÉNEZ DÍAZ, que no hay que tomar como seudónimos obstrucción y espasmo bronquial. LOWELL⁵, recientemente, comenta "... no hay ninguna prueba en la actualidad de que en el hombre juegue el broncoespasmo un papel importante como causa o desencadenante del ataque asmático". La naturaleza de esta obstrucción es varia: unas veces, se debe a procesos inflamatorios bronquiales; otras, a un exceso de secreción de moco, que da lugar a la formación de verdaderos tapones bronquiales, o bien al colapso de pequeños bronquiolos por el aumento de presión en alvéolos vecinos.

Una vez lograda la obstrucción bronquial difusa por el mecanismo del "check valve", tan bien estudiado por DAYMAN³, o por sobredistensión compensadora, como quiere GORDON⁶, se llega al aumento del volumen pulmonar a expensas del aire funcional residual y a la disminución de la actividad de retracción espiratoria del pulmón. Es también importante en este último sentido la tesis de CHRISTIE⁷ de que son los cambios bruscos y violentos de presión, a los que se ven sometidos los alvéolos durante los golpes de tos, la causa principal de la disminución de las propiedades elásticas del pulmón.

Además de la obstrucción bronquial, son factores responsables de la insuflación rígida del pulmón la ingurgitación aguda del círculo menor, verdadera erección pulmonar, de JIMÉNEZ DÍAZ⁸, y el edema intersticial, objetivados en las autopsias de sujetos muertos en crisis de asma y en los estudios de asma experimental (JIMÉNEZ DÍAZ⁹). PROCTOR y los autores anteriormente citados^{1, 2, 3 y 4} llegan, indirectamente, a las mismas consecuencias al demostrar que una de las causas principales del mayor trabajo respiratorio de estos enfermos es el aumento de la "viscosidad del tejido pulmonar". Todo ello hay que tenerlo en cuenta para explicar la disminución de la retractilidad espiratoria que se aprecia en los mismos y cuyos límites son tan difíciles de establecer.

Una vez instaurada la insuflación rígida del pulmón, su consecuencia directa es una alteración del patrón ventilación/perfusión, demostrada por Cournand¹¹, y comprobada por nosotros^{12 y 13}, acompañada a veces de hipoventilación alveolar, siendo la resultante de todo ello la anoxia, acidosis respiratoria por retención de anhídrido carbónico y la hipertensión del círculo menor, complejo sindrómico que en un estadio ulterior puede llegar al cor pulmonale. Otra consecuencia de la insuflación del pulmón es una alteración de la dinámica ventilatoria por

(*) Comunicado en el IV Congreso Nacional de Alergia. Barcelona, octubre 1956.