

Estudio de la Mecánica Ventilatoria en las Enfermedades Bronco - Pulmonares Obstruictivas Crónicas

Drs. M. PAZ-ZAMORA, E. VARGAS PACHECO, E. PINTO MORALES
(Instituto Boliviano de Biología de la Altura e Inst. Nacional de Tórax)
La Paz - Bolivia

ANTECEDENTES.— Dentro de los ya clásicos métodos de estudio de la función respiratoria, hemos introducido desde no hace mucho tiempo en nuestro laboratorio, el estudio de la dinámica pulmonar a través de la medida de la "compliance" y de las resistencias dinámicas pulmonares. A pesar de la evidencia (1) de que la repercusión de los diferentes síndromes patológicos sobre la dinámica respiratoria son muy variables, hemos creído de interés presentar acá, nuestra experiencia todavía pequeña, sobre el estudio de la mecánica ventilatoria en síndromes obstructivos ventilatorios, y tratar de apreciarla en paralelo a algunos parámetros espirométricos.

Recordemos que las cualidades físicas del sistema tóraxpulmonar condicionan la etapa ventilatoria. Además, los intercambios gaseosos alveolo-capilares están estrechamente ligados a la distribución gaseosa y sanguínea intrapulmonar; ellos dependen pues, de las condiciones mecánicas responsables de esta distribución. Finalmente, cuando se analiza el problema de la regulación de la respiración, no podemos ignorar los fenómenos mecánicos entre los estímulos centrales y la respuesta ventilatoria (2). Es pues lógico el interés que ha despertado en los últimos años el estudio de la mecánica ventilatoria.

Si bien, el estudio de los fenómenos ventilatorios muestra que existe para el pulmón sano ciertas analogías con las leyes físicas como las de Hooke y Poisselle, las mismas no pueden ser aplicadas en todo su rigor para definir y calcular las propiedades mecánicas del sistema

ventilatorio. Más aun, dentro de un plan práctico, solo el pulmón y las vías aéreas respiratorias pueden ser objeto de un estudio mecánico en el cuadro de la exploración funcional pulmonar de rutina. La valoración de estas mismas propiedades con referencia a las formaciones torácicas músculo-esqueléticas, no ha sido todavía precisado.

El sistema pulmonar y traqueo-bronquial debe ser considerado bajo dos aspectos diferentes: uno, estando el sistema en movimiento y otro estando en reposo, estático. En estas últimas condiciones, el pulmón ejerce, sobre el gas que contiene, una determinada presión que variará naturalmente con el volumen de gas encerrado (3). Este concepto, desprovisto por tanto de toda idea dinámica o de movimiento, es lo que se conoce con el nombre de resistencia elástica del pulmón o simplemente, resistencia o fuerza elástica (prescindimos ya del esqueleto y musculatura torácicos) y viene definida por la relación entre presión (P) y el volumen (V) expresándose en forma de un coeficiente de elasticidad o "elastance" (EL), o presión (expresada en cc de agua) necesaria para incrementar el volumen pulmonar de un litro, es decir:

$$EL = \frac{\Delta P}{\Delta V}$$

Generalmente se utiliza el índice inverso, es decir el incremento de volumen que se obtiene al aumentar un cc/H₂O de presión. Este valor se lo conoce con el nombre de "complan-

ce" y caracteriza la facilidad (mayor o menor) con la cual el pulmón se deja distender, y se expresa en ml/cm H₂O (4). De acuerdo a LEFRANCOIS y colaboradores que estudiaron el valor de la "compliance" en nuestro laboratorio de La Paz a 3.700 m. se observa que el valor normal que ellos encuentran para nuestro medio (172 ± 11) es similar al que nosotros hemos obtenido posteriormente (183 ± 13) y que no difiere al que el mismo LEFRANCOIS estableció a nivel del mar.

Además de estas resistencias elásticas del pulmón (podríamos llamarlas también resistencias estáticas) expresadas, según hemos dicho, por la "elastance" o la "compliance" y que supone un pulmón aislado del tórax y en reposo, en cuanto se ponen en marcha los movimientos respiratorios, se ponen también en juego otra serie de resistencias que nada tienen que ver con las anteriores, y las cuales pueden ser agrupadas así:

—Las resistencias gaseosas o aéreas, es decir las que tiene que vencer el aire a través de las vías respiratorias.

—Las resistencias dependientes de la movilización de los tejidos pulmonares, a cada movimiento respiratorio (resistencias tisulares).

Estas resistencias (R) se expresan relacionando los incrementos de la presión ejercida en los pulmones (ΔP) con el débito o volumen de aire circulante en la unidad de tiempo (V) y cuyo valor normal fluctúa entre 2 y 4.

$$R = \frac{\Delta P}{V} \text{ expresada en cm H}_2\text{O.L.s.}$$

$$R = \frac{\text{Variaciones de presiones dinámicas}}{\text{Débito ventilatorio}}$$

TECNICA.— (5) Utilizamos un equipo que consta de una cámara a rayos ultravioletas para el registro de los diferentes parámetros a estudiar, completada con un demodulador, de un integrador y de amplificadores electrónicos a más de un osciloscopio que cierra la cadena y en el cual se pueden seguir los trazos respiratorios que serán luego registrados. Sobre una misma banda de papel fotográfico y simultáneamente registramos:

- Las variaciones de volumen pulmonar.
- Los débitos correspondientes y los instantes de débito ventilatorio nulo.
- Las variaciones de la presión intratorácica.

Noticias del IBBA:

Cursos de especialización de nuestro personal:

Luego de completar un curso de entrenamiento técnico especializado en laboratorio biológico, han regresado de París la señorita Carmen Maldonado y el Señor Juan Carlos Cabrera. En el laboratorio de fisiopatología cardio-respiratoria del Hospital Marie Lannelongue del Pr. Jacques Durand, cumplieron un ciclo de entrenamiento en el manejo de equipos de fisiología cardio-respiratoria, Van Slyke, gases en sangre y cateterismo cardiaco. En su reemplazo y continuando este programa tendiente a contar en nuestro instituto con personal técnico altamente especializado se encuentran ahora en Francia, el Sr. Armando Rodrigues, en el Hospital San Luis del Pr. Bernard en el campo hematológico y la señorita Amparo Ferrufino en el Hospital Marie Lannelongue en el campo de radio-isótopos aplicados a la fisiología cardio-respiratoria.

Equipos científicos:

El gobierno de Francia a través de sus servicios de Cooperación técnica y dentro del convenio de cooperación con el Instituto Boliviano de Biología de Altura, nos ha hecho entrega de una moderna Computadora-programadora Wang, de un Hemoreflexor Kipp y de una Registradora Ampex a cinta magnetofónica. Este moderno equipo permitirá un enorme avance en nuestros Departamentos de Estadísticas, Respiratorio y Cardio-vascular.— El cálculo acelerado de centenares de parámetros fisiológicos nos será facilitado por la Wang, y la Registradora Ampex nos permitirá la acumulación de datos durante nuestras experiencias en el Instituto y las que obtengamos en lugares o poblaciones fisiológicamente interesantes y lejanas a nuestra base central. Finalmente, el Hemoreflexor nos facilitará el establecimiento correcto de la saturación arterio-venosa de oxígeno.

Convenio con el Ministerio de Ag. y Ganadería:

Como consecuencia de conversaciones oficiales que se mantiene entre personeros de nuestro Instituto y los del Ministerio de Agricultura y Ganadería, en los próximos días se firmará un convenio entre ambas organizaciones con el objeto de llevar a cabo estudios de investigación científica sobre Biología Animal a diferentes niveles de altitud y clima en nuestro país y con el objeto de establecer las posibilidades migratorias zoológicas en Bolivia.

Reuniones en el IBBA:

Regularmente y cada semana, los días viernes en la tarde, se reúne el Consejo Científico de nuestro Instituto, con el objeto de analizar permanentemente la correcta marcha de nuestros programas científicos. Estas reuniones tienen además un carácter científico-administrativo, lo que hace posible analizar problemas de trámite burocrático y superarlos en bien de acelerar nuestros estudios.

Agradecimiento:

Nos es muy grato, expresar nuestro agradecimiento al Sr. Capitán de Fragata Dr. Luis Kushner de las Fuerzas Armadas de nuestro país, por su invalorable cooperación en nuestro trabajo sobre la respuesta al Test O₂ y N₂ en la circulación pulmonar en la altura.

Hemos seguido la técnica de respiración continuada y tratando de obtener una frecuencia respiratoria lo más calma posible. Nuestros pacientes han sido conectados al circuito mediante un bucal que contiene un neumotacógrafo que nos permitió obtener los instantes de débito nulo, o de cambio de fase inspiración/expiración. (6). La presión tomada entre la boca y el aire ambiente, la presión transpiratorial obtenida entre la presión esofágica (sonda balonada en tercio inferior de esófago) y el aire ambiente y la presión transpulmonar asimilada a la presión esófago-bucal han sido medidas con la ayuda de electromanómetros diferenciales. Finalmente, los volúmenes pulmonares registrados son obtenidos por integración electrónica de la señal precedente.

GRUPOS DE ESTUDIO.— Hemos realizado el estudio de la mecánica respiratoria sobre 39

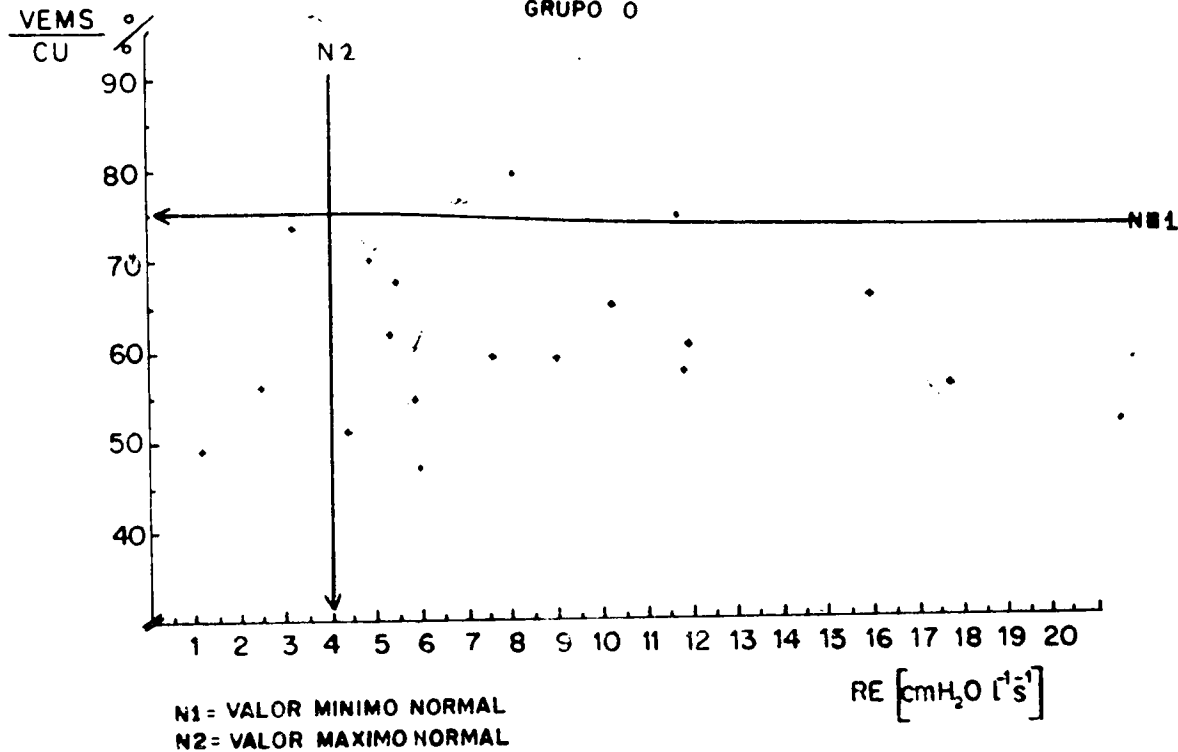
enfermos pulmonares agrupados de la siguiente manera:

GRUPO O: 18 enfermos clasificados por la espirometría como síndromes ventilatorios obstructivos, de los cuales 10, clínicamente fueron clasificados como bronquíticos crónicos con antecedentes tabáquicos importantes. Los otros 8 restantes, bronquíticos con enfisema pulmonar. De entre estos últimos 2 correspondían morfológicamente al tipo de enfisema centro-lobulillar (clínicamente).

GRUPO R: 21 enfermos, clasificados por la espirometría como síndromes ventilatorios restrictivos, y que en el presente trabajo sirven como grupo comparativo. Clínicamente clasificados como adoleciendo Tuberculosis pulmonar moderadamente avanzada y muy avanzada. 4 de entre éstos, adolecían de Tuberculosis linfohematógena. No se incluyen casos con Tuberculosis mínima y complejo primario.

CUADRO I

GRUPO O



(Figura 1)

RESULTADOS.— Observamos que en los enfermos del GRUPO O la "compliance" pulmonar muestra valores muy variables y dispersos que no reflejan relación apreciable con

los valores espirométricos del V.E.M.S. (volumen expirado máximo durante el primer segundo) ni con el Índice de Tiffeneau (V.E.M.S./C.V.). Sin embargo, apreciamos que relacionando las resistencias expiratorias (RE) obtenidas en el curso de la mecánica ventilatoria, con el

Indice de Tiffeneau espirométrico (que valora esencialmente el grado de Obstrucción bronquial) se logra (Cuadro 1) una co-relación apreciable entre ambos parámetros, coincidiendo la agrupación mayoritaria de los casos por debajo de los valores mínimos normales del Índice de Tiffeneau, y por encima de los valores máximos normales de las resistencias expiratorias.

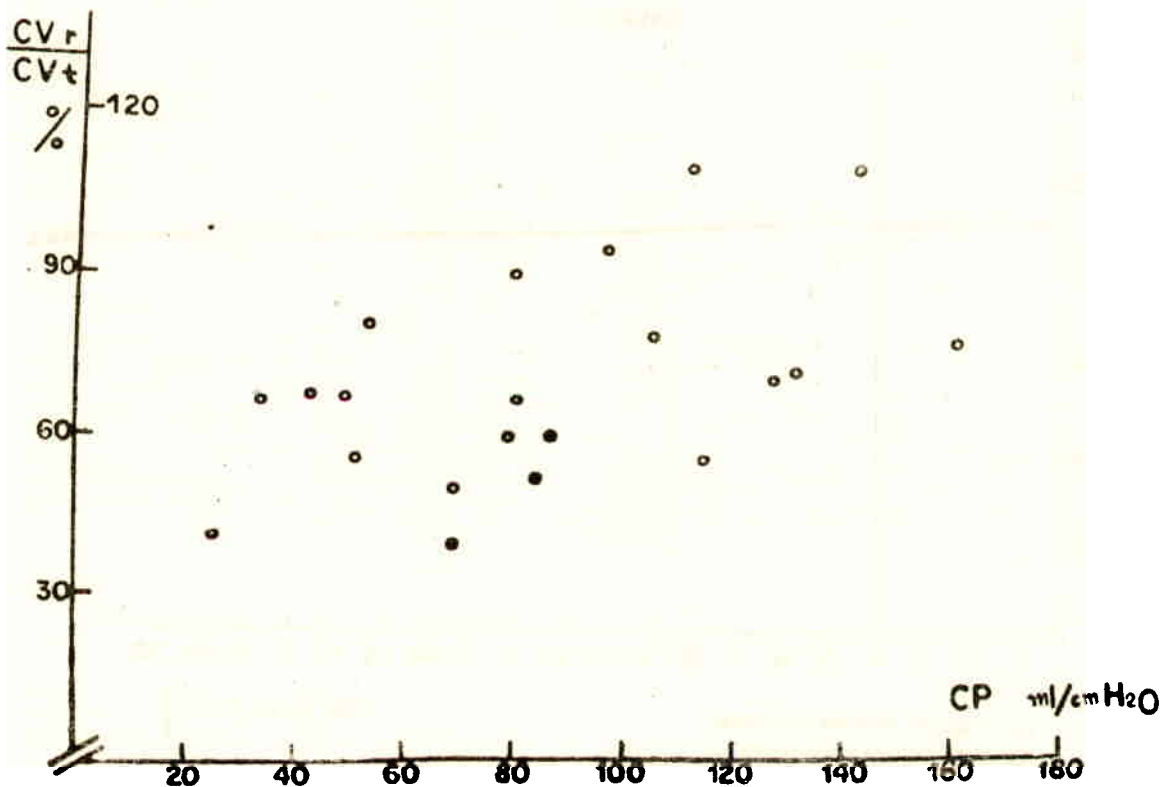
(Figura 2)

Con referencia a los casos del GRUPO R, observamos una clara relación con referencia

a la alteración de la mecánica ventilatoria. En efecto se puede apreciar al relacionar (Cuadro II) la capacidad vital (real y teórica) (CV_r / CV_t) con la "compliance" pulmonar, una agrupación coincidente de los casos, en valores amputados de CV_r / CV_t y bajos valores de la "compliance" pulmonar. Más aun, se puede apreciar la mayor fidelidad e importancia de obtención de la "compliance" pulmonar, pues en algunos de los casos mientras se observa la CV_r / CV_t casi normal, la "compliance" se muestra baja, reflejando con más fidelidad la alteración de la mecánica ventilatoria.

CUADRO II

GRUPO R



RESUMEN

Estudio de la mecánica ventilatoria, realizado sobre un grupo de 39 enfermos pulmonares, estableciendo la "compliance" pulmonar, y las resistencias inspiratorias (R_I) y expirato-

rias (R_E), y relacionándolos con algunos parámetros espirométricos. Los 39 enfermos fueron agrupados de la siguiente manera: 18 clasificados espirométricamente como síndromes obstructivos ventilatorios, bronquíticos crónicos con importantes antecedentes tabáquicos, (GRUPO

O), dentro de los cuales, 8 son bronquíticos con enfisema pulmonar. El GRUPO R de 21 sujetos, grupo comparativo, constituidos por enfermos espirométricamente clasificados como síndromes ventilatorios restrictivos, y clínicamente como Tuberculosos moderadamente avanzados y muy avanzados y de los cuales 4 adolecían Tuberculosis pulmonar linfo-hematógena. Se observa que los sujetos del GRUPO O muestran relaciones entre los valores espirográficos y de la mecánica ventilatoria bastante dispersos. Sin embargo al relacionar las resistencias expiratorias (RE) de la mecánica ventilatoria (Cuadro 1) con el Índice de Tiffeneau (V.E.M.S. / C.V.) se observa una coincidencia en mostrar el grado de obstrucción y resistencias expiratorias bronquiales. En el GRUPO R, más netamente, podemos apreciar una clara relación entre la amputación de la "compliance" pulmonar y de la C.V. coincidiendo en objetivar la alteración de la mecánica ventilatoria. El estudio de la mecánica ventilatoria constituye pues, un método de estudio de la función respiratoria muy útil y seguro aunque de delicada ejecución.

RESUME

La mécanique ventilatoire d'un groupe de 39 sujets atteints d'affection pulmonaires a été étudiée par la "compliance" pulmonaire, les résistances inspiratoires (RI) et expiratoires (RE) en relation avec quelques paramètres spirométriques. Les 39 malades ont été repartis en deux groupes; un premier groupe de 18 sujets (GROUPE O) comprend des malades considérés spirométriquement comme présentant un syndrome obstructif ventilatoire, et cliniquement comme bronchitiques chroniques avec des antécédents importants de tabaquisme; parmi eux 8 sont des bronchitiques avec emphyseme pulmonaire. Le GROUPE R de 21 sujets groupe témoin est constitué par des malades spirométriquement considérés comme présentant un syndrome ventilatoire restrictif et cliniquement comme tuberculeux plus ou moins évolués parmi lesquels 4 ont une tuberculose lipo-hématogène. Chez les sujets du GROUPE O les relations entre les valeurs spirométriques et celles de la mécanique ventilatoire sont assez dispersées. Cependant, si l'on compare les résistances expiratoires (RE) de la mécanique respiratoire (Fig. 1) avec l'Indice de Tiffeneau (VEMS/CV) on observe une coïncidence entre le degré d'obstruction et les résistances expiratoires bronchiales. Dans le GROUPE R il existe une relation plus

ACTUALIZACIONES

EFFECTOS DE UNA HIPOXIA E HIPEROXIA BREVE, SOBRE LA PRESION ARTERIAL PULMONAR MEDIA Y LA FRECUENCIA CARDIACA DE RESIDENTES NATIVOS Y RESIDENTES EN FACE DE ACLIMATACION A 3.500 mts. DE ALTURA.

J. Coudert, M. Paz-Zamora, G. Antezana y J. P. Gascard.

Journal de Physiologie. - Tomo 63 - N° 2-29-1971.

Al haber estudiado los efectos ventilatorios secundarios a la inhalación breve de oxígeno (Test de 02-DEJOURS), fué demostrado que los nativos de altura son menos sensibles al estímulo 02 que los nativos del nivel del mar en face de adaptación (R. Lefrancois y Col. 1968); con el fin de saber si ésta hiposensibilidad observada en los nacidos y que viven en altura, es un fenómeno más general hemos estudiado los efectos de la inhalación breve de 02 y nitrógeno (N2) sobre la presión media de la arteria pulmonar (PAP) y la frecuencia cardíaca (Fc). Hemos puesto particular interés en tratar de disociar los efectos observados sobre estos 2 parámetros.

Los Test fueron realizados:

1).— Sobre 24 sujetos normales de raza, sexo y edad comparables, en reposo, echados y respirando aire ambiente; de estos 13 eran nativos de altura nacidos en La Paz (grupo I), 11 nativos de bajas tierras (400 m.) que viven en La Paz entre 1 y 9 meses (grupo II).

2).— 7 sujetos del grupo I en el curso de la inhalación de una mezcla hipóxica (FI02 = 0,168-PI02 = 74 mm de Hg).

3).— 1 sujeto portador de un marcapaso.

4).— 9 perros nativos de altura anestesiados con Nembutal, sin ventilación artificial. Los test son realizados en normoxia y en hipoxia:

- Sobre el animal intacto.
- Después de la quimodenervación del seno carotideo, la sección del neumogástrico (X), del glosofaríngeo (IX) y las ligaduras de las carótidas.

Los resultados son los siguientes:

1º—En los sujetos que respiran aire ambiente, la inhalación breve de 02 y N2 puros es suficiente para producir modificaciones significativas y rápidas (aparición de la respuesta luego de una pausa de 10 segundos para el test de 02 y de 10 a 20 segundos para el test de N2) de la presión arterial pulmonar media y la frecuencia cardíaca.

2º—Las respuestas obtenidas para el grupo I (residentes nativos) son más débiles que las obtenidas con el grupo II (nativos de bajas

(Pasa a la pág. 10)

nette entre l'amputation de la "compliance" et celle de la C. V. (Fig. 2) qui objetivent d'une maniere parallele l'alteration de la mecanique respiratoire. Constitue donc une methode d'etude de la fonction respiratoire á la fois utile et sure, bien que de réalisation d'elicate.

SUMMARY

They estudy of ventilatory mechanics on a group of 39 pulmonary patients, stablished, the pulmonary compliance, inspiratory resistance (R1) and expiratory resistance (RE), a relationship with some spirometric parameters, i.e., obstructive ventilatory syndrome, and cronic bronchitis. In group O 8 are patients with bronchitis with pulmonary emphysema, and group R. constitutes of 21 patients classiffied with restrictive ventilatory syndromes, and clinically as moderately and advanced tuberculosis.

It was observed that the subjects of group O, show relation between spiographic values and these of ventilatory mechanics. This values are quite disperse, but, if we relate Expiratory Resistance vs. V.E.M.S./CV (graph 1), it will be observed a degree of obstruction and bronchial expiratory resistances.

In group R. we can appreciate more clearly a relation between the amputation of the pulmonary compliance and vital capacity (C.V.), (Graph 2); showing the alteration of ventilatory mechanics.

The study of ventilatory mechanics constitutes a safe usefull method of respiratory function, but, of delicate execution.

BIBLIOGRAFIA

- 1.— H. DENOLIN, P. SADOUL, N.G.M. ORIE. L'Exploration Fonctionnelle Pulmonaire. 460 - 513. 1967.
- 2.— R. PESLIN et P. SADOUL. Exploracion de la Mecanique Ventilatoire. La revue du praticien. Tomo XV N° 11 bis. 1465 - 1482. 1965.
- 3.— A. AGUSTI VIDAL. La Exploración Funcional Respiratoria. 103 - 114. 1965.
- 4.— J. GERMOUTY. La fonction Respiratoire. 1967.
- 5.— M. PAZ ZAMORA. Mecánica ventilatoria.— Prensa Médica. Vol. XX. N° 4. 1968.
- 6.— R. LEFRANCOIS. H. GAUTIER et P. PASQUIS. Comptes rendus des séances de la Société de la Biologie. Tome 163 N° 10 p. 2037. 1969.

ACTUALIZACIONES

(Viene de la pág. 9)

tierras en face de aclimatación). En efecto, si bien las presiones y las frecuencias cardiacas de referencia no son significativamente diferentes en los 2 grupos. PAP cae en el curso del test de O₂ en un porcentaje de 6,1% y Fc en 6,8% en el grupo I; respectivamente 13,7% y 13,1% en el grupo II, las diferencias observadas son significativamente diferentes ($P < 0,001$ para PAP y $0,03$ para Fc.). En el curso de los test de N₂, PAP se eleva en un 7,5% y Fc en 9,1% para el grupo I, de 16,9% y 14,4% respectivamente para el grupo II ($P < 0,05$ para PAP y $P < 0,05$ para Fc—). Estos resultados traducen la hiposensibilidad al oxígeno de los nativos de altura en relación a los nativos de bajas tierras.

3º—La inhalación de una mezcla hipóxica aumentada de manera significativa las respuestas obtenidas en el curso de los test de O₂ sobre PAP ($P < 0,05$).

4º—En el sujeto portador de un marcapaso, las respuestas observadas a nivel de PAP subsisten, mientras que Fc no sufre modificación.

5º—En los perros, la quimodenervación del seno carotideo bilateral, que suprime los efectos ventilatorios hace desaparecer las respuestas observadas de Fc sin suprimir las respuestas observadas de PAP que persisten aún después de la sección del X y del IX así como de la ligadura de las carótidas.

Las variaciones de Fc y de PAP son entonces, fenómenos que se pueden disociar experimentalmente. En el caso de Fc la acción de los quimorreceptores arteriales parece ser predominante; en el caso de PAP se trata sobre todo de una acción local del oxígeno sobre los vasos precapilares (Bergofsky 1967).

MEDIDA DEL pH BRONQUIAL in situ.— EFECTOS DE UNA ACIDOSIS METABOLICA

F. Gurrin., H. Robin, P. Lequin et P. Lambert.— *Journal de Physiologie*. Tome 62—282—71.

La acidosis metabólica provocada por la perfusión de ácido láctico da lugar a un descenso del pH yuxta-mucoso traqueobronquial, reproducible, homogéneo pero no significativo, concomitante de la acidosis sanguínea.

Estos resultados van en contraposición al rol de enriquecimiento en gas carbónico que explicaría la baja del pH bronquial in situ en el curso de las acidosis ventilatorias. La confrontación de estas medidas del pH de contacto de las mucosas bronquiales y digestivas muestra que las alteraciones brutales del pH sanguíneo tienen una incidencia inmediata sobre el pH yuxtamucoso y probablemente tisular, que varía en el mismo sentido que el de la sangre.