

## H I P O X I A S

Prof. R. Lefrançois Dr. P. Pasquis  
(del Instituto Boliviano de Biología de Altura)

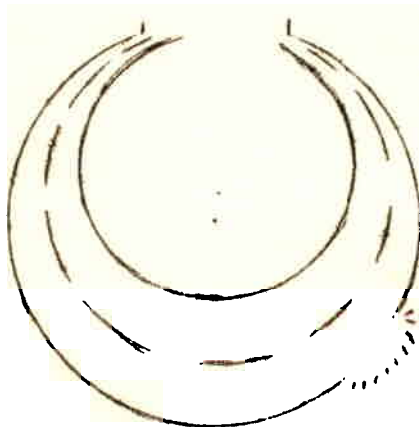
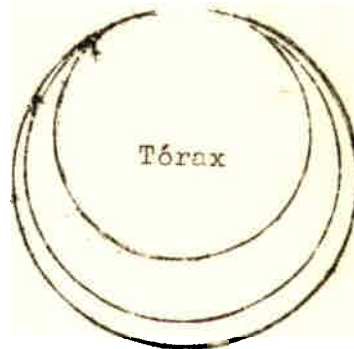
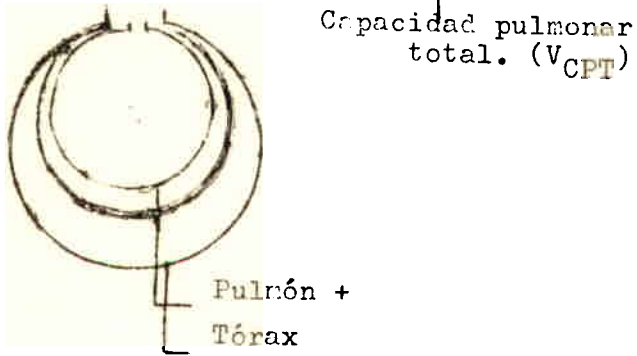
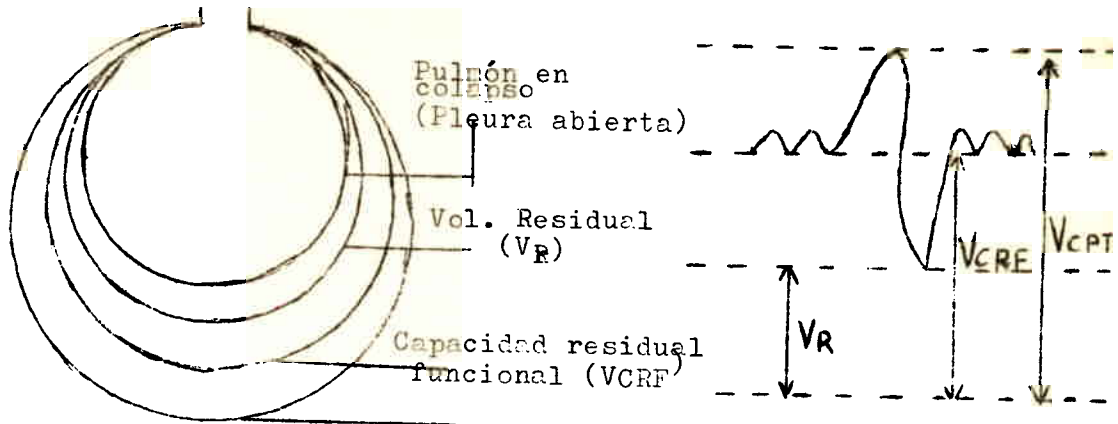
Existe hipoxia cuando las células no pueden utilizar o recibir, una cantidad de oxígeno suficiente para asegurar su metabolismo normal. El término de hipoxia debe de ser preferido al de anoxia, que implica una privación completa de oxígeno incompatible con la vida. La hipoxia es lo opuesto a la normoxia que es el estado de oxigenación de un individuo sano respirando el aire libre.

Son numerosos los mecanismos, que son puestos en juego para transportar el oxígeno del aire ambiente a los tejidos: ventilación pulmonar, difusión alveolo capilar, circulación, transporte de oxígeno por la sangre, y después de nuevo, difusión a través de las membranas capilares y tisulares.

Cuando un obstáculo mecánico o funcional se interpone en el trayecto de los gases, las regiones situadas más allá de este obstáculo, se encuentran en estado de hipoxia.

I.- Clasificación de Hipoxia.- Varcroft en 1920 ha establecido la primera clasificación de anoxias el distingue las anoxias anóxicas que tienen en común una disminución de la saturación de la sangre arterial en oxígeno, las anoxias de estasis ligadas

//////



Capacidad residual funcional.  
Tórax (Pleura abierta)  
Capacidad pulmonar total.

a un trastorno circulatorio, y las anoxias anémicas en las cuales la sangre tiene una capacidad de transporte de oxígeno reducido. Esta clasificación no puede agrupar todas las causas clínicas de hipoxia.

Numerosos autores, han tentado separar las hipoxias refiriéndose a diferentes consideraciones patológicas o fisiológicas.

La clasificación que se desarrolla acá es la propuesta por Dejours.

Las hipoxias son ordenadas en diez tipos correspondientes a la posibilidad de alteración de cada una de las etapas sucesivas de la oxigenación de los tejidos.

Tipo I: Hipoxia por baja de la presión inspirada de oxígeno o hipoxia de altitud.

Tipo II: Hipoxia por hipoventilación alveolar global.

Tipo III: Hipoxia debida a una importante desigualdad de la relación ventilación-perfusión

Tipo IV: Hipoxia por disminución de la capacidad de difusión de los pulmones por el oxígeno.

Tipo V: Hipoxia ligada a la existencia de cortos circuitos entre las circulaciones derecha e izquierda.

Tipo VI: Hipoxia ligada a una disminución de la concentración de hemoglobina funcional.

Tipo VII: Hipoxia por desfallecimiento circulatorio local o general.

Tipo VIII: Hipoxia por disminución de la difusión del oxígeno de la sangre capilar a las células.

Tipo IX: Hipoxia por perturbación de los sistemas enzimáticos que intervienen en las reacciones de oxido-reducción celulares o hipoxia histotóxica.

Tipo X: Hipoxia ligada a un consumo excesivo de oxígeno por los tejidos.

## II.- Manifestaciones clínicas y biológicas de la hipoxia.-

No existen signos comunes a todas las hipoxias. Nosotros estudiaremos pues, para cada tipo, sus manifestaciones clínicas y biológicas propias, y las principales causas de la perturbación fisiopatológica que le da origen.

### 1.- Hipoxia por caída de la presión de oxígeno en el aire

Inspirado - Este tipo de hipoxia es la más frecuentemente encontrada en la altitud.

En todas las latitudes y a todos los niveles, el porcentaje de oxígeno en el aire ambiente es constante ( $F_{IO_2}$ ) = 0,21; pero cuando se eleva por encima de nivel del mar, la presión barométrica baja, dando lugar a una disminución de la presión de oxígeno en el aire inspirado ( $P_{IO_2}$ ) causa de

la hipoxia (Paul Bert 1878, lo que se puede escribir de la siguiente manera:

$$P_{IO_2} = F_{IO_2} (PB-47)$$

Los 47 mm.Hg. representan la presión de vapor de agua reinante en una atmósfera saturada a 37°C. Sin embargo, se debe distinguir la hipoxia de los sujetos rápidamente llevados a una altitud superior a 3.000 mts. (Hipoxia aguda) de la hipoxia de los habitantes de las regiones situadas a iguales altitudes (Hipoxia crónica) En efecto mientras estos últimos llevan una vida normal, los primeros presentan perturbaciones en sus funciones biológicas.

Con todo cuando los sujetos transportados brutalemente a una altura elevada comienzan a vivir en la misma, los desórdenes engendrados por la hipoxia aguda van desapareciendo poco a poco: hay una aclimatación a la altitud y los sujetos presentan pues un estado de aclimatación.

Nosotros estudiaremos sucesivamente los problemas que se observan durante la hipoxia aguda, la hipoxia crónica y en la aclimatación a la altitud.

a) La hipoxia aguda de altitud. El estudio de la misma va adquiriendo gran importancia de día en día en razón de la extraordinaria expansión de los medios de transporte modernos. Cuando se sube rápidamente a una altitud superior a 3.000 mts. la ba-

b) **Aclimatación a la altitud.** Si el sujeto permanece en la altura, mecanismos de corrección comienzan a restablecer el equilibrio del medio inferior.

La alcalosis respiratoria es compensada con la eliminación de bicarbonatos por los riñones. El retorno del pH a la normalidad provoca un aumento del estímulo ventilatorio "ión H +". De ahí resulta un aumento de la hiperventilación pulmonar observada en las primeras horas que corrige parcialmente la hipoxia. En resumen, la aclimatación corresponde bajo el punto de vista de los gases alveolares, al retorno a una altitud menor aún más, en las semanas que siguen, la concentración de la hemoglobina total aumenta. De ahí que, por una misma presión de oxígeno en sangre arterial, el contenido en oxígeno es más importante que al comienzo de una estadía en la altura. El sujeto se encuentra en un estado de hipoxia crónica.

c) **Hipoxia crónica de Altura.** La hiperventilación pulmonar persiste y se acompaña de modificaciones permanentes del aire alveolar.: disminución de las presiones parciales de oxígeno y del anhídrido carbónico proporcionales a la altitud.

$$PI_{O_2} = FI_{O_2} (PB - 47)$$

Es así que:

1º A nivel del mar: (PB = 760 mmHg)

$$PI_{O_2} = 0.21 \times (760 - 47) = 150 \text{ mmHg.}$$

2º A 8.000 m. respirando aire ambiente (PB = 270 mmHg):

$$PI_{O_2} = 0.21 \times (270 - 47) = 47 \text{ mmHg. peligro inmediato.}$$

3º A 8.000 m. inhalando oxígeno puro (FI<sub>O<sub>2</sub></sub> = 1):

$$PI_{O_2} = 1 \times (270 - 47) = 223 \text{ mm Hg.}$$

4º A 15.000 m. (PB = 95 mm Hg.):

$$PI_{O_2} = 1 \times (95 - 47) = 48 \text{ mm Hg.}$$

De donde, inclusive inhalando oxígeno puro, la presión inspirada de oxígeno es suficiente, el hombre debe ser colocado en cabinas presurizadas.

$$PI_{O_2} = (\text{Presión de cámara} - 47) \times FI_{O_2}$$

En estas condiciones, la oxigenación es evidentemente independiente de la altura.