



A  
N  
U  
A  
R  
I  
O

1970

INSTITUTO BOLIVIANO  
DE  
BIOLOGIA DE ALTURA

LA PAZ - BOLIVIA

## CARACTERISTICAS HEMODINAMICAS EN LA PAZ 3.700 METROS

(Dr. JEAN COUDERT - Dr. HERNAN CRIALES-  
Dr. MARIO PAZ ZAMORA) \*

El establecimiento de las normas biológicas de los sujetos que han nacido y viven en La Paz, constituye una de las preocupaciones esenciales del Instituto de Biología de la Altura (I.B.B.A.). Aquí presentamos por la primera vez los resultados obtenidos sobre un grupo de veinte sujetos normales de sexo masculino que han nacido y viven en La Paz, comprendidos entre las edades de 18 y 35 años (edad media de 22 años); un examen clínico electrocardiográfico y radiológico preliminar nos ha permitido asegurarnos de que se trata de individuos normales.

Estos cateterismos han sido realizados según el método habitual (1): el sujeto en decúbito dorsal, en ayunas desde la víspera; habiéndole prohibido toda previa medicación anterior.

Las presiones del sistema a baja presión han sido medidas con la ayuda de catéteres de Cournand conectados a un electromanómetro (tipo M5 - TELCO). Las presiones arteriales sistémicas se midieron conectando la aguja intra-arterial por medio de un catéter al captor.

El punto de referencia de las presiones (nivel cero) ha sido seleccionado colocando el captor en la región mediana del diámetro antero-posterior del tórax. Luego de cada cateterismo, se ha realizado una calibración del captor.

---

(\*) Instituto Boliviano de Biología de Altura (I.B.B.A.): Facultad de Medicina, 5º piso, Av. Saavedra, final, e Instituto Nacional del Tórax, Claudio Sanjinés 1658, La Paz.

El flujo cardíaco ha sido medido según el método de Fick por recuento simultáneo de los gases espirados y de las muestras sanguíneas en la arteria pulmonar y la arteria humeral o femoral. A fin de evitar toda perturbación de la ventilación y del consumo de oxígeno del individuo durante el tiempo de medida, una aguja de Cournand ha sido colocada ya sea en la arteria humeral o en la arteria femoral desde el comienzo del cateterismo.

Los gases espirados, recogidos en bolsas de caucho, son analizados inmediatamente para determinar el contenido de CO<sub>2</sub> con un analizador infra-rojo (tipo ONERA) y para determinar el contenido de oxígeno con un analizador que utiliza las propiedades paramagnéticas del oxígeno (Servomex - Tipo O.A. 150).

El contenido de oxígeno en las muestras sanguíneas tomadas anteriormente es medido con un aparato de Van Slyke.

## Resultados:

### CUADRO I

	Nivel del Mar xx	La Paz (3,700 mts.) x
Presión arterial (en mm.Hg.) sistémica	1	
sistólica	123 ± 13,8 (2)	129,6 ± 11,3 (± xxx)
diastólica	76 ± 9,6 (2)	72,8 ± 8,1
media	92	93,2 ± 8,1
Presión auricular derecha media (en mm.Hg)	3,5 (2,5—6,0) (3)	5 ± 1,9
Presión ventricular derecha (en mm.Hg)		
sistólica	25 (17,0—31,5) (3)	41,4 ± 8,5
diastólica media	0 (-0,5+7,0) (3)	6,9 ± 2,2
Presión arterial pulmonar (en mm.Hg)		
sistólica	11 — 29 (4)	32,5 ± 6,4
diastólica	8,7 (4—13) (4)	15,5 ± 2,8
media	15	22,7 ± 2,9
Presión capilar pulmonar media (en mm.Hg)	8,6 (4,5—13)	9,8 ± 1,9
Flujo cardíaco (litros/mn) (método Fick)	6,49—1,83 (5)	5,277 ± 1,51
Índice cardíaco (lt/mn/mt <sup>2</sup> de superficie corporal)	3,72—0,84 (5)	3,499 ± 0,009
Frecuencia cardíaca/mn	76,9 ± 13,8 (5)	70,2 ± 3,2
Volumen sistólico (en mililitros).	85,6 ± 18,3 (5)	84,3 ± 25,8
Resistencia (en dinas-sec. cm <sup>5</sup> )		
Sistémica periférica	1133,6	1376
Pulmonar total	184,8	329,4
Capilar pulmonar	78,9	142,1

x Medidas tomadas sobre un grupo de veinte sujetos de sexo masculino comprendidos entre los 18 y 35 años de edad (edad media: 22 años).

xx Valores de referencia del nivel del mar tomados de la literatura especializada que corresponde a sujetos de la misma edad y del mismo sexo.

xxx Desviación Standard.

## **Comentarios:**

### **1. en lo concerniente a las presiones:**

a) Las presiones sistémicas en La Paz no son muy diferentes de las del nivel del mar;

b) por el contrario, las presiones medidas en el ventrículo derecho y en la arteria pulmonar de los sujetos que han nacido y viven en La Paz, son claramente más elevadas que aquellas obtenidas en los sujetos de la misma edad al nivel del mar.

Observamos que las presiones ventriculares derechas son particularmente elevadas, sobre todo la presión sistólica que sobrepasa en promedio de 8,9 mm.Hg. a la presión arterial pulmonar sistólica ( $P < 0,001$ ). Este hecho podría estar relacionado con un cierto grado de hipertrofia fisiológica del infundíbulo de la arteria pulmonar responsable de un encogimiento moderado que sería el origen de la diferencia de presión observada entre el ventrículo derecho y el tronco arterio pulmonar. Se sabe, en efecto, que el corazón derecho de los nativos de la altura es el centro de una hipertrofia muscular.

Nos proponemos verificar esta hipótesis registrándola mediante curvas de retiro en el curso del cateterismo en los sujetos normales.

Las presiones capilares medias son claramente las mismas en los dos grupos; pero contrariamente a lo que se observa en los sujetos normales estudiados al nivel del mar, la presión diastólica pulmonar es significativamente más elevada que la presión capilar pulmonar media ( $P < 0,001$ ). Podemos señalar que las modificaciones hemodinámicas observadas al nivel del mar en los individuos que sufren de una hipoxia crónica secundaria, por ejemplo: a una bronconeumopatía son acaso las mismas.

### **2. en lo concerniente a los flujos:**

Vemos que los flujos cardíacos medidos en La Paz, no son muy diferentes de aquellos observados al nivel del mar (índice cardíaco en La Paz de  $3,499 \pm 0,009$  litros/mm/mt<sup>2</sup>. de superficie corporal).

Ocurriendo lo mismo con las frecuencias cardíacas en reposo que son prácticamente las mismas, el volumen sistólico es así mismo igual ( $84,3 \pm 25,8$  ml).

### 3. en lo concerniente a las resistencias:

Las presiones arteriales pulmonares están aumentadas mientras que el flujo cardíaco es apenas diferente del que se observa al nivel del mar, por lo cual se deduce que las resistencias pulmonares calculadas en La Paz son más elevadas que las del nivel del mar.

Para terminar, si consideramos los resultados obtenidos por Dante PEÑALOZA y sus colaboradores en un grupo de individuos normales que han nacido y viven a 4,540 metros (Morococha, Perú (Cuadro II), notamos que las presiones arteriales pulmonares medias aumentan al aumentar la altura.

## CUADRO II

NIVEL DEL MAR	LA PAZ (3,700 mt.)	MOROCOCHA (4,540 mt.)
PAP en mm.Hg.	15	22,7 ± 2,9 29 (Peñaloza y Coll.) (6)

Cuadro II: Valor de las presiones arteriales pulmonares media (PAP).

(Nuestro agradecimiento al Dr. Guillermo Sotomayor, Jefe de los Servicios Médicos del Ejército Nacional, a nuestros colaboradores Jean Pierre Gascard, Alain Fréminet, Lidia Quiroz, Yolanda Mallea, con cuyo concurso fue posible este trabajo)

### Referencias:

- 1) Cournand, A., Lauson, H. D., Bloomfield, R. A., Breed, E.S., and Baldwin E. de F: Recording of right heart pressures in man. Proc. Soc. Exper. Biol. & Med. 55: 34, 1944.
- 2) MASTER Y COLL., Normal Blood Pressure and Hypertension.
- 3) Handbook of circulation, Philadelphie 1952.
- 4) Tomado de FOWLER y coll, aur. Heart J. 46, 64, 1953.
- 5) Tomado de M. BRANDUN, BREMER, M. LANDOWNE, N. W. SCHOCK, changes in cardiac out put with age, circulation, 1955, 12, 557.
- 6) PEÑALOZA, D., et al. Pulmonary Hypertension in Healthy Men borno and living at high altitudes. Amer. J. Cardiol. 11: 150-1963.

## SUMARY

### Hemodynamic Characteristics in La Paz.—

For obvious reasons we have become interested in establishing the normal hemodynamic values at high altitudes, specifically at 3,700m. in the city of La Paz. The used procedure and equipment are internationally known. Here are the results that were obtained for the first time in our country. The systemic pressures are similar to the sea level counterparts on the contrary the right ventricle pressures and the pulmonary artery pressures are higher at high levels. It comes to attention that the right ventricle systolic pressure is 8.9 mm Hg higher than the pulmonary artery systolic pressure. In later studies where we will plot return curves, we will try to establish the reason for this fact. The mean capillary pressures are the same as at sea level, however we have noted that the pulmonary diastolic pressure is notoriously higher than the mean pulmonary capillary pressure. Similarly we have observed respect cardiac output no difference in values from those at sea level, the same holds for cardiac index, cardiac frequency, at rest and systolic volume. The pulmonary resistances calculated in function of outputs and pressures, are shown increased in relation to their sea level counterparts.

## SUMARIO

### Características Hemodinámicas en La Paz.—

Nos hemos interesado por razones obvias, en establecer los valores hemodinámicos normales en la altura, y específicamente a 3.700 mts., en la ciudad de La Paz. Se ha seguido el procedimiento y se ha utilizado equipos conocidos internacionalmente. He aquí los resultados obtenidos por primera vez en nuestro medio. Las presiones sistémicas no son muy diferentes a las del nivel del mar. Por el contrario las presiones de ventrículo derecho y del tronco de la arteria pulmonar, son mas elevadas en la altura. Llama la atención del hecho de que la presión sistólica del ventrículo derecho sobrepasa en un promedio de 8.9 mm Hg a la presión arterial pulmonar sistólica. En estudios posteriores, donde realizare curvas de retro, trataremos de establecer la razón de este hecho las presiones capilares medias son las mismas que ha nivel del mar. Sin embargo hemos observado que la presión diastólica

pulmonar es significativamente mas elevada que la presión capilar pulmonar media. Así msimo observamos que no existe diferencia con los vqlores del nivel del mar en cuanto al débito cardíaco, al índice cardíaco,, a la frecuencia cardíaca en reposo y el volumen sistólico. Las resistencias pulmonares calculadas en función a las presiones y a los débitos, se muestran aumentadas con relación a las del nivel del mar.