

Condiciones Hemodinámicas Normales del Hombre de la Altura (La Paz 3.700 m.)

Dr. JEAN COUDERT, M. PAZ-ZAMORA, G. ANTEZANA, E. VARGAS

(INSTITUTO BOLIVIANO DE BIOLOGIA DE LA ALTURA)

En un trabajo anterior (1) efectuamos por primera vez en nuestro medio, el establecimiento de los valores normales hemodinámicos para el hombre de la altura (3.700 m.). En el presente estudio, y sobre 50 sujetos normales, de sexo masculino, comprendidos entre las edades de 18 a 35 años (edad media de 22 años), y previo un estudio clínico, electrocardiográfico y radiológico, que determinó la normalidad de los sujetos estudiados, hemos insistido en confirmar plenamente los resultados anteriormente obtenidos.

Estos cateterismos han sido realizados según el método habitual (2): el sujeto en decúbito dorsal, en ayunas desde la víspera habiendo prohibido toda previa medicación.

Las presiones del sistema a baja presión han sido medidas con la ayuda de catéteres de Courmand conectados a un electromanómetro (tipo M5-Telco). Las presiones arteriales sistémicas se midieron conectando la aguja intrarterial por medio de un cateter, al captor.

El punto de referencia de las presiones (nivel cero) ha sido seleccionado colocando el captor en la región media del diámetro antero-posterior del tórax. Luego de cada cateterismo realizado, se llevó a cabo la calibración del captor. El flujo cardíaco ha sido medido según el método de Fick por toma y valoración simultánea de los gases respiratorios y de las muestras san-

guíneas en la arteria pulmonar y en las arterias humeral o femoral. Con el objeto de evitar toda perturbación de la ventilación y del consumo de oxígeno durante el tiempo de medida, una aguja de Courmand fue colocada ya sea en la arteria humeral o en la femoral, desde el comienzo del cateterismo.

Los gases expirados, recogidos en bolsas de caucho, han sido analizados inmediatamente, para determinar el contenido de CO₂ con un analizador infra-rojo (tipo ONERA) y para determinar el contenido de O₂ (Servomex Tipo O.A. 150).

El contenido de oxígeno en las muestras sanguíneas tomadas durante el "Fick" fue medido mediante un aparato de Van Slyke.

Resultados: (Ver cuadro 1).

1.— En lo concerniente a las presiones:

- a) Las presiones sistémicas en La Paz (3.700 m.) 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 nacidos y que viven a nivel del mar.

CUADRO Nº 1.

	Nivel del mar **	La Paz (3.700 mts.) *
Presión arterial sistémica (en mmHg.)		
sistólica	123 ± 13,8	125,3 ± 17,7
diastólica	76 ± 9,6	69,9 ± 11,4
media	92	88,2 ± 4,2
Presión auricular derecha media (en mm Hg.)	3,5 (2,5-6,0)	4,4 ± 1,8
Presión ventricular derecha (en mm Hg.)		
sistólica	25 (17,0-31,5)	35,7 ± 8,7
diastólica: Proto diastólica	- 0,5	+ 0,7
tele diastólica	+ 7	4,7 ± 2
Presión arterial pulmonar (en mm Hg.)		
sistólica	11-29	30,6 ± 8
diastólica	8,7 (4-13)	14,0 ± 3,9
media	15	21,6 ± 3,5
Presión capilar pulmonar media (en mm Hg.)	8,6 (4,5 - 13)	8,9 ± 6,8
Flujo cardíaco (litros/mm) (método Fick)	6,49 ± 1,83	5,27 ± 1,51 ***
Índice cardíaco (lt./mn/mt ² de superficie cor- poral)	3,72 ± 0,84	3,49 ± 0,90 ***
Frecuencia cardíaca/mn.	76,9 ± 13,8	70,18 ± 3,18 ***
Volumen sistólico (en mililitros)	85,6 ± 18,3	84,3 ± 25,8 ***
Resistencia (en dinas-sec-1 cm.-5)		***
Sistémica periférica	1134	1376
pulmonar total	185	329
arteriolar pulmonar	79	142

* Medidas tomadas sobre un grupo de 50 sujetos de sexo masculino comprendidos entre los 18 y 35 años de edad (edad media 22 años).

** Valores de ref. de nivel del mar tomados de la literatura especializada que corresponden a sujetos de la misma edad y del mismo sexo, que los tomados en La Paz (3, 4, y 5). Las cifras entre paréntesis corresponden a valores extremos

*** Valores obtenidos sobre un grupo de 20 sujetos.

c) Durante el curso de nuestro primer estudio, sobre un grupo de 20 sujetos (1) nosotros habíamos observado diferencias significativas ($P < 0.001$) entre las presiones sistólicas ventriculares derechas y las de la arteria pulmonar de una parte, y entre las presiones diastólicas y capilares pulmonares por otra parte. En el presente trabajo, se observan siempre las mismas diferencias, pero ellas no son estadísticamente significativas ($P > 0.05$).

2.— En lo concerniente a los flujos:

Observamos que los flujos cardíacos medidos en La Paz no son muy diferentes de aque-

llos observados a nivel del mar (Índice cardíaco en La Paz: 3.49 ± 0.90 litros/mm/m² de superficie corporal). Ocurre lo mismo con las frecuencias cardíacas en reposo y con el volumen sistólico (84.3 ± 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 a nivel del mar, por lo cual se aprecia que las resistencias pulmonares calculadas en La Paz, son más elevadas que las obtenidas a nivel del mar.

Para terminar, si consideramos los resultados obtenidos por D. PEÑALOZA y sus colabo-

CUADRO Nº 2.

	Nivel del mar	La Paz 3.700 m.	Morococho 4.500 m.
PAP en mmHg.	15	21.6 ± 3.5	29 (Peñaloza y col. (6))

radores en un grupo de individuos normales que han nacido y viven a 4.500 m. (Morococho, Perú) (cuadro 2), notamos que las presiones arteriales pulmonares medias aumentan al aumentar la altitud.

BIBLIOGRAFIA

- 1.—COUDERT J. CRIALES H. PAZ-ZAMORA M.: Características hemodinámicas en La Paz 3.700 m. Anuario del Instituto Boliviano de Biología de Altura, La Paz 129 - 135. 1970.
- 2.—COURNAND A. LAUSON H. D., BLOMFIELD R. A. BREED E. S. and BALDWIN E.: Recor-

- ding of right heart pressures in man. Proc. Soc. Exper. Biol. & Med. 55: 34. 1944.
- 3.—BARGETON D., DURAND J. Citado en Physiologie: Kaiser Ch. Tomo III. 411 - París Flammarion 1963.
 - 4.—Documenta Geigy. Tables Scientifiques. 6 Ed. Bale p. 644. 1963.
 - 5.—WOOD E. H., SWAN H. J. C. Citado en Cardiology. An encyclopedia of the Cardiovascular System T. II 1er. Ed. Aldo A. Luisada. 478 - 532. 1961.
 - 6.—PEÑALOZA D. y Col. Pulmonary Hypertension in Healthy men born and living at high altitudes. J. Cardiol. 11:150. 1963.

ACTUALIZACIONES

EFFECTOS HEMODINAMICOS DEL ORTOSTATISMO EN LA ALTURA

A. Lockart, E. Vargas P., F. Bisselichea, G. Antezana y M. Paz-Zamora.

Journal de Physiologie. Tomo 63—1971-2-70-71.

Las modificaciones circulatorias provocadas por el ortostatismo son en gran parte debidas a la distensibilidad de las venas de los miembros inferiores. (Gauer y Thron, 1966). Ahora bien, ha sido probado que en la altura existe una venoconstricción permanente (Durand y Col. 1967) razón por la cual nos ha parecido interesante buscar las repercusiones eventuales que podrían existir.

—8 nativos normales del altiplano boliviano fueron examinados en La Paz (3.700 m.) en reposo, acostados y sentados (RA y RS) además durante un ejercicio muscular de los miembros inferiores en bicicleta ergométrica (EA y ES).

Las medidas fueron hechas durante el reposo y durante el ejercicio. Fueron determinados: El débito cardíaco Q (método de Fick tomando el O₂ como indicador), gases en sangre arterial y venosa mezclada a nivel de la arteria pulmonar, hematocrito (Hmt) arterial, frecuencia cardíaca (Fc), presiones arteriales pulmonares sistólica y diastólica (PAPs y PAPd) y "capilar" pulmonar media (Pcp); el cero de referencia fué tomado a media altura del tórax en la posición decúbito y a la altura de la 4ta. articulación esternocostal en posición sentada. Las variaciones del volumen plasmático (VP) con relación al valor de control (RC) fueron calculadas a partir de los valores del hematocrito.

En decúbito los resultados son normales teniendo en cuenta la altura: PaO₂ baja (RA59 ± 2 mm Hg; EA 57 ± 3), PaCO₂ baja (RA 31 ± 4 mm Hg; EA 30 ± 5), hipertensión arterial pulmonar sistólica (RA 32 ± 7 mm Hg, EA 51 ± 12) y diastólica (RA 17 ± 7 mm Hg; EA 24 ± 9),

Pcp normal (RA 9 ± 3 mm Hg; EA 11 ± 3). A los dos niveles el consumo de O₂ estudiado dió las cifras (RA 178 ± 11, ml-mn-1-m2; EA 801 ± 138), Q (RA 4,2 ± 0,8 l-mn-m2; EA 9.1 ± 1.6) comparables a los valores obtenidos en sujetos normales a nivel del mar (Ekelund y Holmgren 1967).

En ortostatismo, Q disminuye en reposo (3,8 ± 0,7 l-mn-m2) y en el curso del ejercicio (8,5 ± 3,1 l-mn-m2). En ambos casos el descenso es cerca de dos veces menor que a nivel del mar (Ekelund y Holmgren 1967), Fc no aumenta en reposo (RA 82 ± 10 mn; RS 83 ± 21) y es idéntica durante el ejercicio en las dos posiciones (EA 124 ± 14 mn; ES 128 ± 12). El volumen sistólico (VS) es comparable en las dos posiciones durante el ejercicio (EA 127 ± 38 ml; ES 113 ± 58) y en reposo (RA 84 ± 18 ml; RS 73 ± 19). Mientras que a nivel del mar, en ortostatismo el VS es considerablemente bajo en reposo, aumenta más durante el ejercicio que en decúbito (Wang y Col. 1960). La caída del VP alcanza 16,5 ± 13,9 % después de 21 mn en reposo sentado y no aumenta durante el ejercicio ulterior. Puesto que es desconocido el sitio del punto hidrostático indiferente de la pequeña circulación, solo las diferencias de presión son comparables. Mientras que a nivel del mar no hay diferencias entre PAPd y Pcp (Kaltman y Col. 1966) tal diferencia existe en la altura en decúbito (RA 8 ± 7 mm Hg; EA 11 ± 8) y no cambia en ortostatismo.

Estos resultados sugieren que las perturbaciones circulatorias debidas al ortostatismo son atenuadas en la altura. Es probable que la causa sea un menor desplazamiento de la sangre hacia las venas de los miembros inferiores. Así, contrariamente a la opinión corriente (Gauer y Thron, 1965) el tono venoso parece jugar un rol en el curso de la adaptación fisiológica al ortostatismo.

E. V. P.