

CARACTERISTICAS CARDIOVASCULARES EN LA ALTURA

Dr. Jean Coudert

En América del Sud y en particular en Perú y Bolivia, varios millones de habitantes viven a más de 3.000 mts. de altura, la gente que vive a nivel del mar y viene a las zonas altas de los Andes, se maravilla de las posibilidades de aclimatación de los nativos de estas tierras.

Por esta razón, voy a tratar sobre todo de la aclimatación natural cardiovascular de los nativos del altiplano andino que viven a una altura superior o igual a 3.700 mts. tomando como punto de referencia al nivel del mar.

Si tenemos en cuenta la relación que existe entre la altitud y la presión parcial de O<sub>2</sub> ambiental y arterial veremos que cuanto más alto es el lugar donde se vive más baja es la presión barométrica y las presiones parciales de O<sub>2</sub> tanto ambiente como arterial de los habitantes.

Por otra parte sabemos que la PO<sub>2</sub> medida a nivel del mar en la sangre arterial del feto humano es de alrededor 20 mmHg., esto significa que en el útero él tiene un ambiente muy hipóxico, pues la PO<sub>2</sub> así medida corresponderá aproximadamente a una altura de 8.000 mts. (más o menos la altura del monte Everest) En el alumbramiento el recién nacido cambiará bruscamente su medio ambiente y se encontrará en un nuevo medio netamente más rico en oxígeno, este cambio será más brusco para los que nacen a nivel del mar donde la PO<sub>2</sub> del aire ambiente sobre pasa 150 mmHg. (PIO<sub>2</sub>) que para el niño que nace por ejemplo en La Paz donde la PIO<sub>2</sub> es solamente de 100 mmHg., lo cual quería decir que el nacido al nivel del mar tendrá que realizar un esfuerzo de adaptación más intenso que aquél que nace en la altura. Prosiguiendo con esta paradoja se podría admitir finalmente que en el momento de nacer el niño a una cierta altura se aproxima más a la cifra de PO<sub>2</sub> a la cual está habituado el feto y que cuanto más bajo sea el sitio la zambullida en un ambiente extraño será mayor. Después de estas consideraciones abordaremos las características cardio-circulatorias de la altura enfocando sucesivamente las particularidades de la circulación pulmonar, de la circulación sistémica y de las circulaciones locales coronaria y cutánea en los nativos de altura.

1.- Circulación Pulmonar En este tipo de circulación analizaremos esencialmente los siguientes aspectos:

- El régimen de presiones
- El flujo
- La resistencia
- La relación entre la presión y el flujo
- Finalmente, el efecto del O<sub>2</sub> sobre la circulación pulmonar..

a) Presión arterial pulmonar.- Estudios realizados en Morococha (Perú) que se encuentra a 4.540 mts. en individuos nacidos a esta altura y en individuos nacidos a nivel del mar entre estos dos grupos de sujetos en función de la edad, así vemos que el recién nacido a nivel del mar, presenta un régimen de presión pulmonar elevado (más de 35 milímetros de Hg) este estado de hipertensión pulmonar está ligado a la estructura fetal de la arteria pulmonar, en las semanas siguientes la presión media disminuye, para alcanzar el régimen observado en los adultos (o sea de cerca a 15 milímetros de Hg) En nuestro medio no contamos con datos sobre las presiones pulmonares observadas en los recién nacidos en la altura pero hemos podido observar que a la edad de cinco años el régimen de presiones es siempre elevado y disminuirá lentamente para estabilizarse a un nivel netamente superior del que observamos a nivel del mar, alrededor de 28 mmHg. En La Paz, las cifras obtenidas en los adultos normales entre los 18 y 30 años se sitúan alrededor de 22-23 mmHg. Estas presiones elevadas observadas en altura van a la par con las modificaciones de la estructura de la arteria pulmonar que mantiene durante largo tiempo un aspecto intermedio entre la estructura fetal y la que se observa a nivel del mar, en efecto el tramo arterial pulmonar de un sujeto que ha nacido y vivido en la altura presenta el aspecto histológico que se puede observar a nivel de la aorta con un tejido rico en fibras elásticas.

b) Flujo.- Los resultados proporcionados por varios autores y las observaciones que hemos podido hacer en el I.B.B.A. en el curso de cateterismos en individuos normales muestra que el flujo cardíaco de la gente de altura no es diferente en reposo, al observado en sujetos del nivel del mar. (índice cardíaco de 3,499 lts./min/m<sup>2</sup>). Durante el ejercicio el flujo cardíaco lógicamente aumenta y éste aumento depende a nivel del mar como en la altura del consumo de O<sub>2</sub>.

c) Resistencia Arterial Pulmonar.- Sabemos que la resistencia arterial pulmonar se expresa en la fórmula:

$$R = \frac{P_{AP} - P_c}{Q_c}$$

PAP = Presión media en arteria pulmonar

P<sub>c</sub> = Presión media capilar que refleja la presión media auricular izquierda.

Q<sub>c</sub> = Flujo cardíaco que, en ausencia de "shunts" patológicos es idéntico al flujo pulmonar.

Siendo P<sub>c</sub> y Q<sub>c</sub> idénticos a nivel del mar y en la altura, y como hemos visto, siendo la PAP más elevada resulta que la resistencia arterial pulmonar está aumentada en la altura. Esta resistencia arterial acrecentada aumentará el trabajo del corazón derecho y este último tendrá tendencia a la hipertrofia para luchar contra esa resistencia aumentada.

En estudios realizados a una altura de 4,540 mts. sobre el nivel del mar y haciendo comparaciones entre el vector cardíaco medio de AQRS y el porcentaje de peso entre el ventrículo derecho e izquierdo para diferentes edades para el nivel del mar y para la altura se esclarecieron ciertos hechos: Al nacer los niños de los 2 grupos presentan el mismo grado de preponderancia ventricular derecha, pero esta preponderancia persistirá en los habitantes de altura mientras que en los sujetos del nivel del mar la preponderancia del ventrículo izquierdo se manifestará claramente entre el (40 y 112 mes).

Pensamos que esta hipertrofia ventricular derecha observada en la altura podría explicar la diferencia de presiones que hemos mostrado sobre sujetos normales entre la presión sistólica en ventrículo derecho y la presión sistólica dentro del tronco arterial pulmonar, efectivamente una hipertrofia muscular a nivel del infundibulum de la AP podrá producir una caída de presión, un gradiente entre el VD y el tronco de la arteria pulmonar para aclarar este hecho hemos practicado curvas de retiro utilizando una sonda especial que permite medir simultaneamente las presiones en dos puntos distantes de 1 cm., o sea que volviendo sobre su trayecto de entrada la sonda en su retiro nos registra presiones cms. por cms.

d) Relación entre presión y flujo.- Se trata de una relación muy importante a considerarse en el caso de la altura: Si representamos las variaciones de la presión arterial pulmonar en función del aumento de flujo cardíaco en los sujetos estudiados durante el reposo y al practicar un ejercicio muscular de variada intensidad. En la gente del nivel del mar observamos que el aumento del flujo cardíaco está acompañado de una pequeña elevación de la presión arterial pulmonar; por el contrario en la altura, el aumento del flujo cardíaco está acompañado de una fuerte elevación de la presión arterial pulmonar media.

Este fenómeno está en gran parte ligado a un factor funcional, en efecto podemos ver que la inhalación de oxígeno puro así como la inyección de atropina se oponen a la elevación de la presión arterial pulmonar durante el ejercicio esto permite explicar que la vaso-constricción juega un papel importante en el determinismo de la elevación de las presiones pulmonares durante el ejercicio muscular en la altura.

e) Efecto del oxígeno sobre la circulación pulmonar

Hemos visto que la inhalación de O<sub>2</sub> puro durante el ejercicio se opone a la elevación de la presión arterial pulmonar en los nativos de la altura. En el I.B.B.A., hemos estudiado sobre todo el efecto del O<sub>2</sub> en los nativos de altura, en reposo haciendo una comparación con los sujetos que viven en tierras bajas.

Damos oxígeno durante un tiempo breve (durante 2 ciclos ventilatorios habitualmente) observando los efectos de esta oxigenación corta sobre la presión arterial pulmonar si en vez de oxígeno damos nitrógeno puro (N<sub>2</sub>) durante 2 ciclos ventilatorios (Test N<sub>2</sub>) vamos a observar el fenómeno inverso, es decir un aumento de la PAP. Este método sencillo permite estudiar la sensibilidad de la circulación pulmonar de los sujetos frente al estímulo O<sub>2</sub>. Hemos tomado 2 grupos de sujetos sanos que tenían una edad promedio de 22 años.

a) Un grupo de 13 sujetos nativos de altura

b) Un grupo de 12 sujetos nativos de bajas tierras

Estos últimos viviendo en La Paz entre un mes y nueve meses.

2 Circulación Sistemica - Si representamos los índices de las presiones sistemicas en función de la edad, de sexo masculino, por una parte nacidos y habitantes de altura y por otra nacidos y habitantes del nivel del mar, podemos notar que las presiones sistólicas y diastólicas son más bajas en los nativos de la altura y la diferencia observada entre los 2 grupos aumenta con la edad.

3 Circulaciones locales Dentro de las variaciones que puedan sufrir las circulaciones locales vamos a hallar unicamente de:

- La circulación cutánea
- La circulación coronaria.

La circulación cutánea ha sido objeto de estudio en el I.B.B.A. a cargo del profesor J. Durand y sus colaboradores, este estudio comporta el estudio de la circulación cutánea de la mano que brinda la comodidad de adaptarse a los métodos de investigación por pletismografía fuera de que la mano representa la circulación de los ligamentos en general.

Se comienza aplicandó una presión de 25 cms. de H<sub>2</sub>O sobre el lecho vascular de la mano se mide luego la variación de volúmen de la mano, una variación importante de este volúmen traduce una buena distensibilidad de su lecho vascular, si por el contrario observamos una variación pequeña eso nos indica una distensibilidad débil.

La distensibilidad del lecho vascular cutáneo de los nativos de altura siendo más pequeña esto va a producir una disminución del volúmen sanguíneo cutáneo.

Este fenómeno está en relación con la hipoxia crónica de altura- Cuando el sujeto cambiará de nivel de altura por ejm. siendo nativo de La Paz viaja a Santa Cruz el aumento de la P<sub>IO2</sub> va producir un aumento de la distensibilidad vascular y del volúmen sanguíneo cutáneo. Pero si este sujeto regresara a La Paz la hipoxia de la altura produce una disminución de la distensibilidad vascular y del volúmen sanguíneo cutáneo, la sangre se moviliza bruscamente en la parte central del organismo y en particular en los puñmones. Esta movilización brusca de la sangre de la zona periférica cutánea hasta la zona central pulmonar podría constituir el origen del edema agudo pulmonar de la altura.

- Circulación coronaria. Ha sido estudiada en el I.B.B.A. por el profesor Pierre Moret y los datos han sido muy sorprendentes.

Se sabe que en las condiciones de hipoxia es decir cuando se produce un cambio brusco de la P<sub>IO2</sub> aumenta el flujo coronario pero en los datos obtenidos sobre los nativos de la altura, es decir en condiciones de hipoxia crónica no se observa un aumento de la circulación coronaria; sino al contrario se observa una disminución del flujo coronario, cuanto más alto el lugar donde habite un nativo más bajo su flujo coronario. Hasta el presente no podemos explicar este fenómeno tan paradójico, pero seguramente esta particularidad fisiológica de los nativos de altura está en relación con la baja incidencia del infarto de miocardio observada sobre los sujetos nacidos y habitantes de altura. En un programa venidero se deberá estudiar la circulación cerebral.

En resumen Podemos decir que el sistema cardiocirculatorio de los nativos de altura presta comparado con el de la gente del nivel del mar las siguientes particularidades:

- 1) Presiones arteriales pulmonares más elevadas para flujos cardíacos idénticos lo cual corresponde a una elevación de las resistencias vasculares pulmonares. El acrecentamiento de estas resistencias es en su origen por un cierto grado de hipertrofia ventricular derecha y en particular infundibular pulmonar que podría explicar la existencia de un gradiente fisiológico de presiones entre el ventrículo derecho y el tronco de la arteria pulmonar.
  - 2) Esta elevación de la presión en la pequeña circulación contrasta con la disminución de presiones observada en la presión sistémica.
  - 3) El efecto del oxígeno sobre la PAP es menor lo que traduce una disminución de la sensibilidad de los nativos de altura frente al estímulo O<sub>2</sub>.
  - 4) Finalmente, la distensibilidad del lecho vascular cutáneo y el flujo coronario están disminuidas.
- Todas estas diferencias son seguramente el reflejo de un mecanismo de adaptación que en la hora actual no está dilucidado es necesario reconocer que existe aún un trabajo enorme a realizar para determinar todas las particularidades fisiológicas de los nativos de altura.