

CARACTERÍSTICAS HEMÁTICAS Y CARDIOPULMONARES DEL MINERO ANDINO

Dr. Gabriel Cosío Z.¹

Los mineros que laboran a grandes alturas sobre el nivel del mar están sometidos a una severa tensión ambiental (hipoxia) y como consecuencia, existe entre ellos una alta prevalencia de enfermedad de altura (enfermedad de Monge). Se sugiere la necesidad de un riguroso examen médico, preocupacional y periódico, de estos mineros, además de la conveniencia de la mecanización de la minería a dichas alturas.

Características fisiológicas y bioquímicas del minero

La influencia de la altura sobre el organismo humano fue originalmente descrita en el Perú por Monge en 1928 (1) quien describió las características morfológicas y fisiológicas de los habitantes de las alturas, características de orden genético heredadas de una raza cuyo hábitat habían sido dichas regiones por varias centurias. Estudios posteriores realizados por Hurtado (2), y después por numerosos autores (3), ofrecen un conocimiento más completo de las características tanto fisiológicas como bioquímicas de estos individuos. Por el mismo año el mismo autor describe el cuadro clínico correspondiente a la denominada "enfermedad de altura" o "enfermedad de Monge".

Los que laboran a gran altura sobre el nivel del mar ponen en juego una serie de mecanismos adaptables para compensar la baja presión parcial de oxígeno que existe en esa zona, y mantener un suministro adecuado de oxígeno a nivel tisular.

Entre estos mecanismos de adaptación (1) se pueden mencionar: el mecanismo hemático, el circulatorio y el respiratorio. Asimismo, un mecanismo enzimático especial a nivel tisular que permite un mayor aprovechamiento del oxígeno a este nivel.

Hurtado (2) demostró la correlación estrecha entre los valores de hemoglobina y la altura sobre el nivel del mar. Pero no siempre este mecanismo es de carácter compensatorio pues en algunas oportunidades se transforma en un factor que interfiere con el funcionamiento normal del organismo.

El hecho de que habitantes de la altura estén sometidos a una severa tensión hipóxica determina que el organismo humano ponga en juego una serie de "mecanismos de regulación adaptable". En unos casos estos mecanismos obtienen un equilibrio fisiológico adecuado (equilibrio hombre/ambiente); en otros casos existe una ruptura de este equilibrio a una respuesta desproporcionada de los mecanismos de regulación, determinando la existencia de individuos desadaptados a la altura, subclínica y clínicamente (enfermedad de Monge).

Desgraciadamente, en las minas del Perú, debido al desconocimiento de estos problemas, se admiten trabajadores en condiciones fisiológicas deficientes que resultan en consecuencias ulteriores a veces mortales.

Entre las características fisiológicas y cardiopulmonares descritas en los individuos de altura, se señalan: desde el punto de vista de la función respiratoria (4-8), un aumento de la ventilación pulmonar, de los volúmenes pulmonares, tanto estáticos como

¹ Médico Jefe del Departamento de Compensación del Instituto de Salud Ocupacional, Lima, Perú.

dinámicos, el aumento de la relación volumen residual/capacidad total pulmonar, y de la capacidad de difusión. Desde el punto de vista electrocardiográfico (9-13), se señalan diversos grados de hipertrofia ventricular derecha y trastornos de conducción de la rama derecha, aumento de la presión en el circuito pulmonar (14-16). En estudios anatomopatológicos se ha descubierto el engrosamiento ventricular derecho (17), modificaciones estructurales de carácter congénito en los pequeños vasos pulmonares (18, 19) y modificaciones a nivel de la pared alveolar (20).

En este trabajo se presentan los resultados de algunos estudios realizados en mineros de altura, con el fin de establecer las características fisiológicas desde el punto de vista hemático y cardiopulmonar que puedan aplicarse en la selección de mineros en la altura; muy especialmente para aquellos que tengan que trabajar en un ambiente con polvo silíceo.

En un estudio de siete centros mineros localizados a diferentes alturas sobre el nivel del mar (21), se entrevistaron 2,167 trabajadores considerados no silicosos. El cuadro 1 presenta el número de trabajadores estudiados en cada mina, la altura de la

misma, el valor promedio de hemoglobina y las desviaciones estándar respectivas para cada altura.

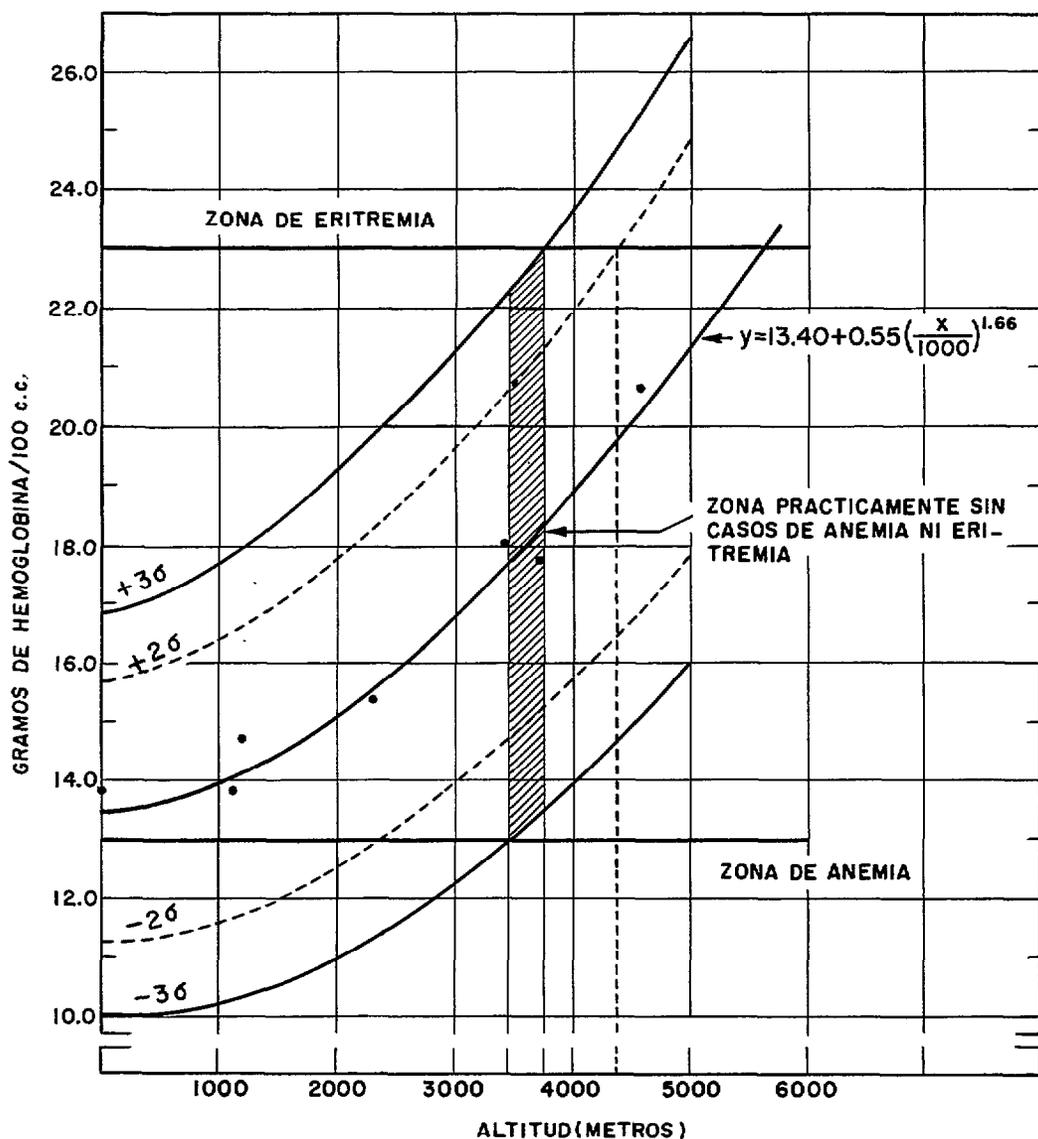
La figura 1 se basa en los valores encontrados en el cuadro 1 y que relacionan la altura y el valor de hemoglobina. En esta figura se consigna la fórmula matemática que relaciona ambas variables, y que corresponde a una parábola vertical dada por la ecuación: $Y = 13.40 + 0.55 \left(\frac{X}{1000} \right)^{1.60}$ donde Y representa el valor promedio de hemoglobina en g/100 cc, y X la altura sobre el nivel del mar (21).

En esta figura se consigna el valor promedio de hemoglobina, las curvas correspondientes a dos y tres desviaciones estándar, con las que se comprende el 95.46 y 99.73% de los valores, así como los límites de las zonas de anemia y eritemia. De acuerdo con la tendencia general de la curva existe una disminución del porcentaje de casos de anemia a medida que aumenta la altura, y la existencia de una altura límite, a 3,450 m sobre el nivel del mar, en la que no se encuentra ningún caso de anemia. También se puede observar que a una altura de 3,750 m comienzan a aparecer los casos con valores de hemoglobina superiores a

CUADRO 1—Relación de la hemoglobina con la altura en obreros sanos entre 20 y 40 años de edad.

Hemoglobina (en gramos)	Isla Chíncha		Chilote		Ancos		Arequipa		Pasto Bueno		Buldibuyo		San Antonio	
	Casos	Porcentaje	Casos	Porcentaje	Casos	Porcentaje	Casos	Porcentaje	Casos	Porcentaje	Casos	Porcentaje	Casos	Porcentaje
< 11	1	0.3							1	0.2				
11-12.9	63	19.7	58	22.5	10	9.6	9	3.4	1	0.2				
13-14.9	218	68.1	169	65.5	46	44.2	87	32.5	5	1.2	6	2.2	1	0.2
15-16.9	38	11.9	31	12.0	47	45.2	143	53.4	78	19.1	59	21.8	5	0.9
17-18.9					1	1.0	28	10.3	226	55.5	169	62.4	64	11.9
19-20.9							1	0.4	90	22.1	35	12.9	258	47.9
21-22.9									7	1.7	2	0.7	173	32.2
23-24.9													31	5.8
25-26.9													6	1.1
Número de casos	320	100	258	100	104	100	168	100	408	100	271	100	538	100
Valor máximo	16.70		15.84		17.71		19.20		22.00		21.40		26.30	
Valor mínimo	10.80		11.10		11.70		11.00		10.00		13.60		14.30	
Promedio	13.83		13.79		14.75		15.44		18.04		17.76		20.65	
D. estándar	1.13		1.16		1.34		1.41		1.54		1.34		1.70	
Alturas (en metros)	10		1,130		1,200		2,300		3,475		3,720		4,600	

FIGURA 1—Curva que relaciona el valor promedio de hemoglobina con la altitud; la fórmula matemática que relaciona ambas variables, la zona de altitud en la que no se encontró casos de anemia ni eritemia (zona sombreada) y la altura máxima para el trabajo minero en buenas condiciones fisiológicas (línea punteada).



23 g/100 cc de sangre (eritemia severa). De acuerdo con las proyecciones de estos cálculos estadísticos se puede decir que existe una zona de "altura crítica", ya mencionada por Hurtado, en la cual el estímulo

hipóxico alcanza un límite para respuesta hematopoyética normal.

La zona comprendida entre ambos niveles de altura, o sea 3,450 a 3,750 m, representa una zona máxima para trabajo minero

en condiciones fisiológicas. En esta zona de altura no se encontró ningún caso de anemia ni de eritremia. A esta altura la minería es imposible para individuos anémicos pues probablemente la función circulatoria como mecanismo de compensación de la anemia alcanza un límite. Asimismo, a esta altura el estímulo hipóxico determina una respuesta hemática dentro de los límites de normalidad.

Por encima de los 3,750 m se halla otra zona de interés biológico, que es la comprendida entre 3,750 y 4,400 m, zona en la que los casos de eritremia son mínimos, el organismo puede adecuar sus funciones a las condiciones ambientales y la sobrecarga hipóxica sólo es manifiesta en un porcentaje pequeño de casos.

Sobre los 4,400 m los casos de eritremia aumentan en forma progresiva, lo que indica que la respuesta hematopoyética individual alcanza un límite y la hipoxia se convierte en un factor "agresión ambiental". Esta es, pues, una altura máxima para la minería en condiciones fisiológicas. A alturas superiores el trabajo se realizará tomando las precauciones del caso para proteger la salud de los mineros. Entre estas medidas se pueden mencionar: la mecanización de las labores, disminución del número de horas de trabajo, residencia a una menor altura del centro de trabajo, suministro de oxígeno, etc.

Los mineros, desde el punto de vista preventivo y teniendo en consideración los valores de hemoglobina, pueden ser divididos en varios grupos.

En este trabajo, considerando los valores y su relación con la tolerancia para la vida y el trabajo en la altura, se han dividido en cinco grupos, que son: 1) con 12.9 gramos de hemoglobina o menos (anemia); 2) de 12 a 15.9 gramos, valores de hemoglobina compatibles con la vida a nivel del mar o alturas menores; 3) de 16 a 20.9 gramos, valores compatibles con la vida y el trabajo en la altura; 4) de 21 a 22.9

gramos, valores límites de compensación hemática (zona intermedia o límite), y 5) de 23 gramos o más, valores correspondientes a los descritos en los casos de enfermedad de altura (eritremia de altura severa).

Esta clasificación, un tanto arbitraria y cuyos límites pueden ser modificados, tiene una enorme utilidad práctica, pues la selección de mineros en la altura tendrá que basarse en una clasificación de este tipo.

La figura 2 presenta la curva de frecuencia de los valores de hemoglobina encontrados en 3,138 mineros de cinco centros localizados sobre los 4,400 metros de altura (22).

El valor promedio de hemoglobina encontrado fue de 19.4 gramos $DS \pm 2.2$; en ocho casos (0.3%) los valores de hemoglobina eran menos de 13 gramos; en 431 (3.7%) estos valores estaban entre los 13 y 16.9 gramos; en 1,980 (63.1%), entre los 17 y 20 gramos (zona de adaptación); en 535 casos (18.3%) los valores de hemoglobina estaban comprendidos entre los 21 y 22.9 gramos (zona intermedia), y en 144 casos (4.6%) eran superiores a los 23 gramos (zona de desadaptación).

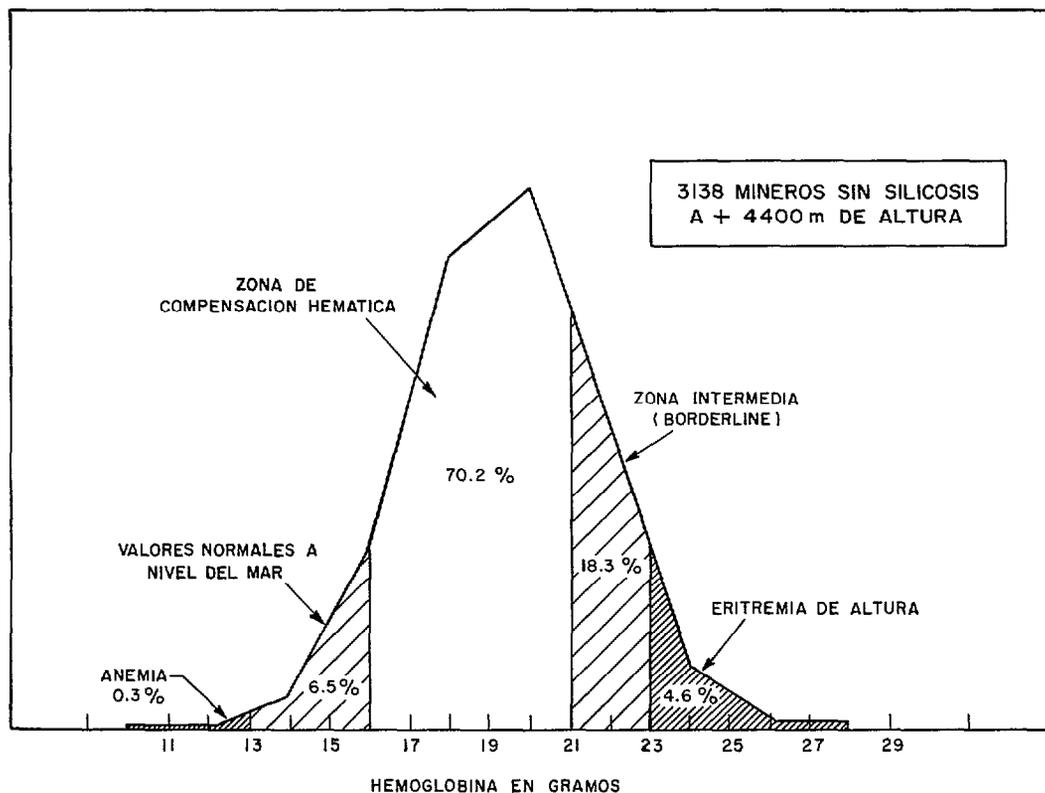
Los trabajadores con valores hemáticos muy altos (eritremia de altura) presentan una serie de características especiales desde puntos de vista radiológico, cardiográfico y de las pruebas funcionales respiratorias.

Aspecto radiológico

Los habitantes de la altura tienen características radiológicas especiales, señaladas por diversos autores (3, 23). Estas características radiológicas están condicionadas por varios factores entre los cuales se citan: las características especiales de la conformación torácica, el aumento del volumen de sangre pulmonar y el mayor o menor grado de la hipertensión pulmonar.

De una manera general se puede decir que la radiografía pulmonar de estos habitantes se caracteriza por: a) una exageración ligera o moderada de la trama vascular

FIGURA 2—Curva de distribución de los valores de hemoglobina encontrados en 3,138 trabajadores estudiados en cinco minas localizadas a más de 4,400 metros de altura y la clasificación desde el punto de vista fisiológico que puede ser utilizada para la selección de trabajadores a grandes alturas.



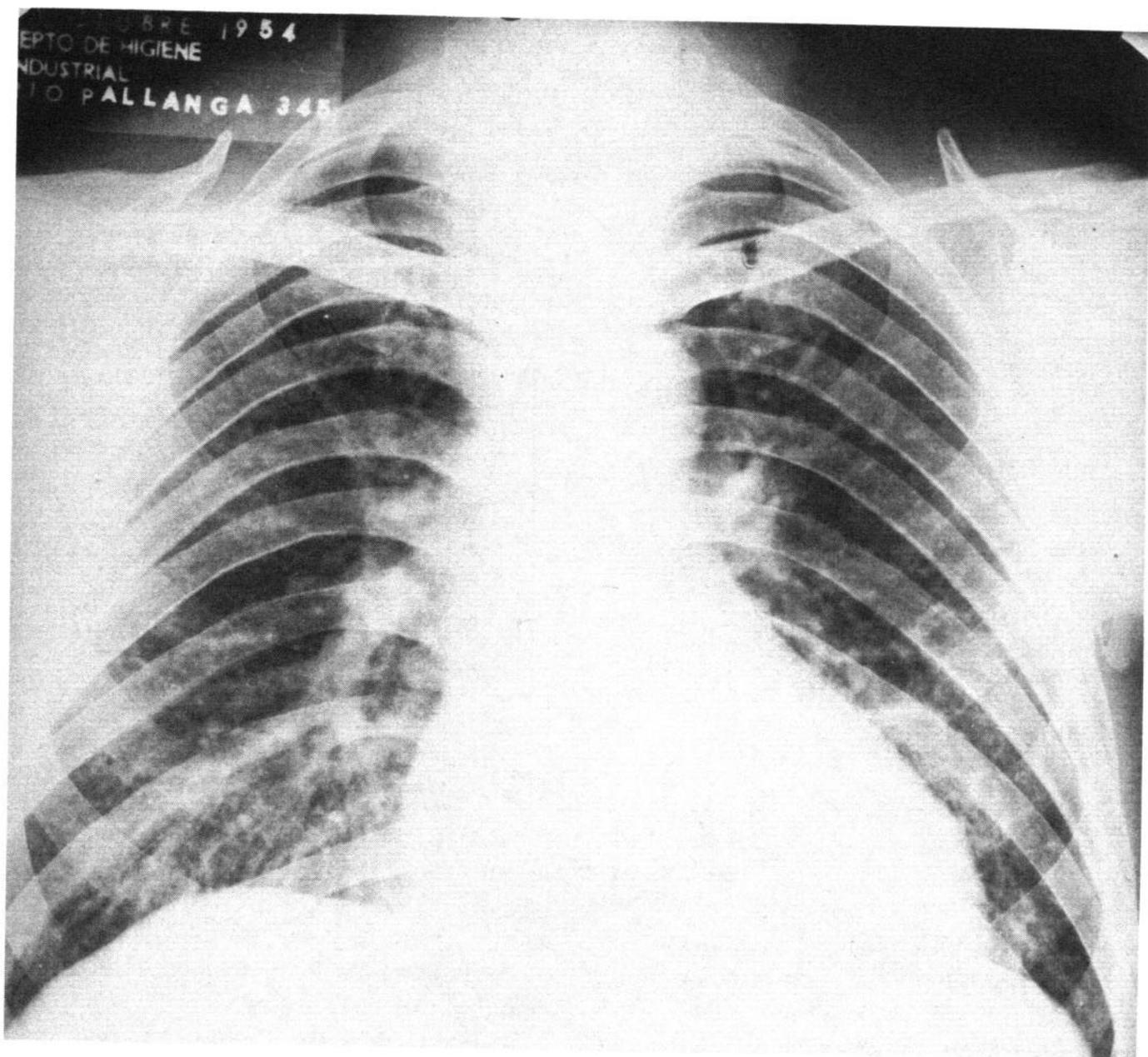
a predominio basal; b) ensanchamiento de las sombras hiliares; c) exageración de la trama hilio-basal, y d) agrandamiento de la imagen cardíaca. A medida que aumentan los valores hemáticos estas características se hacen más manifiestas y en los casos de eritremia de altura (figura 3), la radiografía pulmonar es bastante definida.

La imagen radiográfica pulmonar en los casos de eritremia tiene los siguientes aspectos: a) una marcada exageración de la trama vascular a predominio basal; b) la presencia de una pseudonodulación en el entrecruzamiento de los vasos o en la bifurcación de los mismos; c) una imagen hilar congestiva; d) marcada exageración de la trama hilio-basal bilateral, y e) marcado agrandamiento de la imagen cardíaca. Esta imagen radiográfica es bastante carac-

terística y de fácil diagnóstico para los médicos habituados a la lectura radiográfica de habitantes de la altura.

Además de esta imagen radiográfica, existe otra variedad relacionada con el mayor o menor grado de hipertensión pulmonar y que puede o no estar acompañada de eritremia. A medida que la presión en la arteria pulmonar aumenta, el cono de la arteria pulmonar se torna cada vez más prominente y las ramas pulmonares correspondientes a los lóbulos superiores o inferiores son más visibles (23). En los casos de hipertensión pulmonar severa, las características radiográficas son también bastante específicas (figura 4): a) la prominencia marcada del arco pulmonar (cono de la pulmonar); b) el ensanchamiento de las sombras hiliares debido al

FIGURA 3—Imagen radiográfica correspondiente a un trabajador con eritemia de altura. En esta se observa la exageración de la trama vascular a predominio hilio-basal, pseudonodulaciones distribuidas en ambos campos pulmonares y el agrandamiento cardíaco.

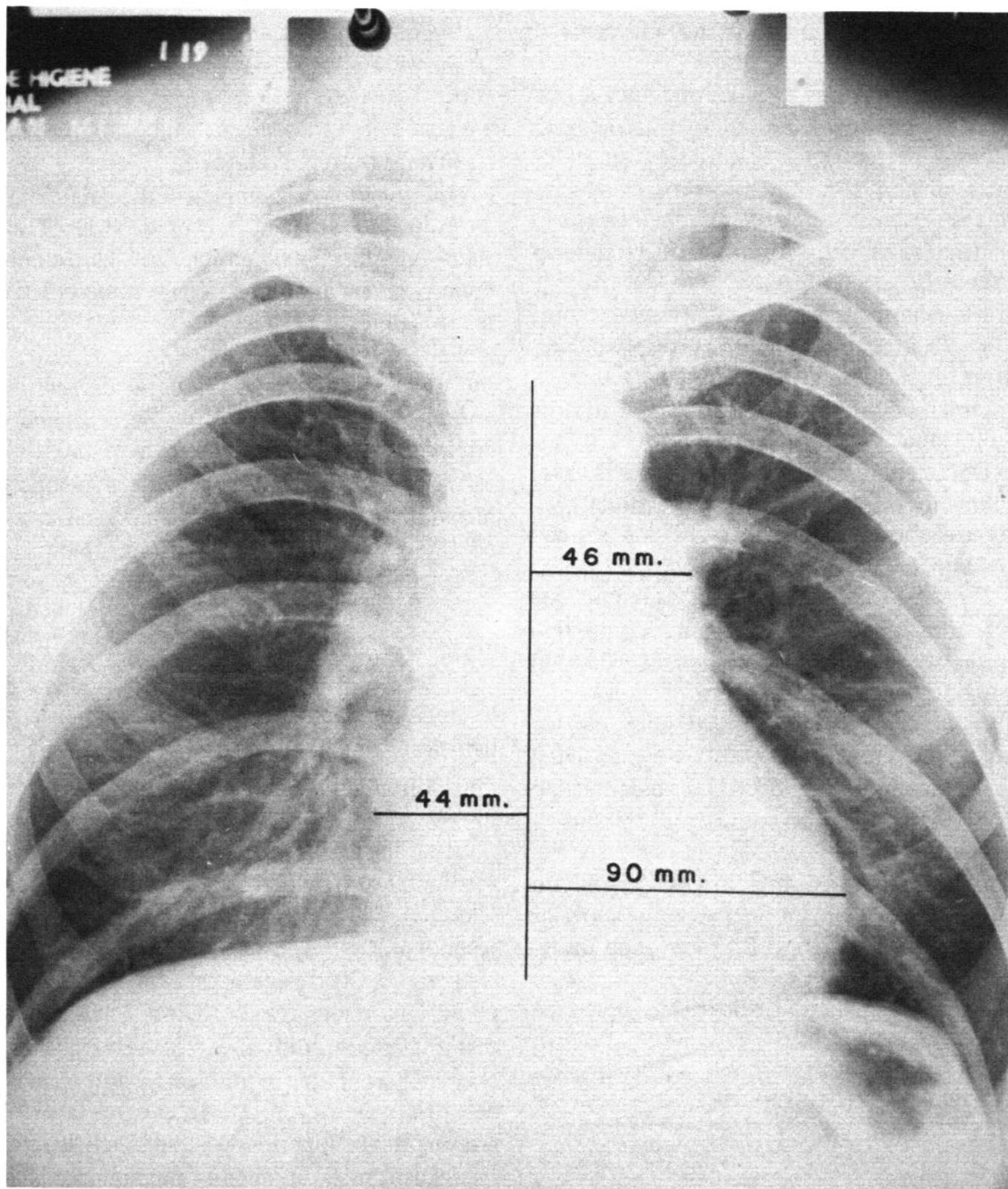


engrosamiento de las ramas derecha e izquierda de la arteria pulmonar; c) la dilatación de las ramas pulmonares correspondientes a los lóbulos superiores e inferiores; d) la tortuosidad de las ramas intrapulmonares, y e) la disminución de la vascularidad en la periferia de los campos pulmonares. Estas características radiológicas son similares a las descritas en casos de hipertensión pulmonar. En el trabajo antes mencionado (23) se presentan 29 casos que muestran estas características. Se debe mencionar que este tipo de imágenes radiográficas sólo se ha hallado en el centro mi-

nero "Volcan Mines", que es uno de los más altos del Perú y situado entre 4,600 y 5,000 metros de altura. En otras minas el número de estos casos era mucho menor.

Se puede concluir que la enfermedad de altura, desde el punto de vista radiológico, presenta tres formas diferentes: a) una forma relacionada con la eritemia, hipervolemia y la congestión vascular pulmonar; b) otra relacionada con una restricción del lecho vascular como consecuencia de la vasoconstricción arteriolar y la hipertensión pulmonar consiguiente, y c) la que combina ambos factores. Se comprende perfecta-

FIGURA 4—Imagen radiográfica correspondiente a un trabajador con dilatación de la arteria pulmonar, en la que se observa la exageración de la trama vascular a predominio hilio-basal e hilio-apical e imagen cardíaca de tamaño normal.



mente que la existencia de una silicosis pulmonar en cualquiera de estas formas radiológicas presenta problemas complejos referentes al diagnóstico tanto clínico como funcional.

Aspectos electrocardiográficos

Las características electrocardiográficas para individuos normales y al nivel del mar han sido señaladas por diversos autores. Estos mismos valores para los que viven a

diversas alturas por debajo de los 3,500 metros, también han sido motivo de diversos trabajos y de una manera general han demostrado que no se apartan mayormente de la normalidad.

Los trabajadores nativos residentes a gran altura sobre los 4,000 metros (9-12), en cambio, presentan características especiales, pues un alto porcentaje de ellos evidencian signos electrocardiográficos de hipertrofia ventricular derecha y trastornos de conducción de la misma rama.

El cuadro 2 presenta un estudio sobre 208 electrocardiogramas correspondientes a mineros sin silicosis pulmonar y que laboran en centros mineros situados a más de 4,000 metros de altura (9).

De acuerdo con la configuración de este complejo en la derivación precordial V_1 , los electrocardiogramas estudiados se han dividido en cinco grupos básicos.

Primer grupo: Electrocardiogramas que muestran el complejo QRS en V_1 de tipo normal (rS) y compatible con la vida y el trabajo a nivel del mar y en la altura.

Segundo grupo: Complejo QRS en V_1 , en el que la relación R/S en V_1 es igual o ligeramente superior a la unidad (tipo RS), compatible con la vida y el trabajo en la altura.

Tercer grupo: Complejo QRS en V_1 , en el que la relación de R/S es muy superior a la unidad (tipo Rs o R), con onda invertida en V_1 , o más a la izquierda, hasta V_3 o V_4 . Trazado electrocardiográfico típico de

una severa hipertrofia derecha (sobrecarga derecha) e incompatible con la vida y el trabajo en la altura.

Cuarto grupo: Complejo QRS en V_1 astillado o mellado (tipo W), con duración entre 0.10 y 0.12 y compatible con la vida y el trabajo en la altura (bloqueo incompleto de la rama derecha).

Quinto grupo: Complejo QRS, ancho y mellado, con duración mayor de 0.12. Trazado ecgráfico incompatible con el trabajo minero en la altura (bloqueo completo de la rama derecha).

En el estudio mencionado se encontraron 108 trazados (51.92%) con caracteres normales; 57 (27.40%) del segundo grupo; 14 (6.74%) del tercer grupo; 28 (13.46%) con características de bloqueo incompleto de la rama derecha, y un caso (0.48%) con características de bloqueo completo. Llama la atención el alto porcentaje de trabajadores con sobrecarga derecha (6.7%).

El trazado electrocardiográfico es uno de los métodos más sensibles para el diagnóstico de la hipertrofia ventricular derecha y, por tanto, con el grado de hipertensión pulmonar.

Esta clasificación de los trazados electrocardiográficos es de gran utilidad para la selección de trabajadores en la altura, así como para graduar la incapacidad producida por la silicosis. En esta forma se evita el ingreso de mineros en labores de subsuelo que demandan gran esfuerzo o en aquellas ocupaciones en que el ambiente está cargado de polvo. De esta forma se evitaría la progresión de la hipertensión pulmonar como consecuencia de la silicosis pulmonar o del trabajo rudo.

Como puede verse, los mineros de altura presentan diversos grados de hipertensión pulmonar (14-16), y como consecuencia de esta, la hipertrofia ventricular derecha, desde los grados ligeros compatibles con la vida y el trabajo en altura hasta los seve-

CUADRO 2—Clasificación de 208 electrocardiogramas de trabajadores considerados sanos.

Electrocardiograma	Casos	
	Número	Porcentaje
Normales	108	51.92
Hipertrofia ventricular derecha ligera o moderada	57	27.40
Hipertrofia ventricular derecha marcada	14	6.74
Bloqueo incompleto de rama derecha	28	13.46
Bloqueo completo de rama derecha	1	0.48
Total	208	100

ros grados que llevan a la dilatación de la arteria pulmonar.

Conclusión

Existen, pues, dos variedades del síndrome cardiopulmonar de la enfermedad de altura descrita originalmente por Monge en 1928. Una es la caracterizada por la eritremia, la hipervolemia y la congestión vascular pulmonar, y la otra en la que predomina la vasoconstricción arteriolar como consecuencia de la hipertensión pulmonar. Ambas formas, como se ha visto, tienen características bastante bien delimitadas desde el punto de vista clínico y funcional. Como se comprende bien, con frecuencia se encuentran casos de una tercera forma en que ambas variedades se combinan.

El reconocimiento de estas tres formas de la misma enfermedad tiene una enorme importancia en la selección de trabajadores en la altura. El hecho de aceptar en trabajos mineros a individuos sin las condiciones adecuadas determina: 1) un trabajo físico deficiente; 2) una incapacidad precoz; 3) una susceptibilidad especial para la silicosis, y 4) cuando se combinan la silicosis y el mal de Monge (síndrome combinado; Monje (19)) la incapacidad de estos trabajadores es sumamente precoz y severa, hecho que todavía no ha sido considerado por la legislación del Perú.

Los trabajadores mineros de altura se pueden clasificar en tres grupos (24): 1) trabajadores aptos para cualquier tipo de trabajo; 2) los aptos para trabajos en superficie (sin polvo en el ambiente de trabajo), y 3) los inaptos para cualquier trabajo y aun para residencia en la altura.

Para establecer esta clasificación es necesario tener en consideración una anamnesis minuciosa, un buen examen clínico y el

análisis detallado de los valores hemáticos, del aspecto de la radiología pulmonar y cardiovascular, el resultado de las pruebas funcionales respiratorias y el electrocardiograma.

La selección de trabajadores en la altura tiene una importancia capital, ya que permite a las minas contar con trabajadores altamente eficientes y que realizan labores adecuadas a sus condiciones físicas y mentales.

Resumen

Existe una relación estrecha entre el nivel de hemoglobina y la altura sobre el nivel del mar.

De acuerdo con los valores de hemoglobina, los mineros de altura han sido divididos en tres grupos: a) con valores de hemoglobina compatibles con la vida y el trabajo a gran altura; b) con valores de hemoglobina en los límites de la desadaptación, y c) excesivo aumento de los valores de hemoglobina (eritremia de altura) y, por tanto, incompatibles con la vida y el trabajo a esas alturas.

Desde el punto de vista cardiopulmonar se distinguen tres variedades de la enfermedad de altura: a) con severa eritremia e hipervolemia y congestión vascular pulmonar; b) con severa vasoconstricción arteriolar de hipertensión pulmonar y dilatación de la arteria pulmonar, y c) combinación de las dos formas anteriores. La radiografía pulmonar, el electrocardiograma, así como las pruebas funcionales respiratorias tienen especiales características en cada una de estas formas clínicas.

De acuerdo con estos hallazgos se hace una clasificación de los mineros de altura en tres grupos, de acuerdo con su aptitud para realizar trabajo físico intenso. □

REFERENCIAS

- (1) Monge, E. C. "La enfermedad de los Andes". *An Fac Med* (Lima) 11: 76, 1928.
- (2) Hurtado, A., Merino, C. y Delgado Febres, F. "Influence of anoxemia on hemopoietic activity". *Arch Int Med* 75: 284, 1945.
- (3) Cosio, G. "Eritremia de altura en mineros". *Rev Salud Ocup* 4: 6, 1959.
- (4) Cosio, G. "Límites fisiológicos de adapta-

- ción a la altura". *Rev Salud Ocup* 6: 10, 1961.
- (5) Cosio, G. "Patogenia del corazón pulmonar crónico en el trabajador de altura". *Rev Salud Ocup* 7: 3, 1962.
- (6) Rodríguez Broglio, L. "Patrones hematológicos en la altura" *Rev Salud Ocup* 7: 42, 1962.
- (7) Miranda, A. y Rotta, A. "Medida del corazón en nativos de altura". *An Fac Med (Lima)* 27: 49, 1944.
- (8) Rotta, A. "Physiological condition of the heart in natives of high altitude". *Amer Heart J* 33: 669, 1947.
- (9) Pérez Aranibar, E. "Contribución al estudio del corazón del hombre de la altura". Tesis. Facultad de Medicina (Lima), 1948.
- (10) Rotta, A. y López, A. "Electrocardiographic pattern in man of high altitude". *Circulation* 19: 719, 1959.
- (11) Cosio, G. y Corigliano, J. "Compromiso ventricular derecho en mineros de altura". *Rev Peruana Cardiol* 5: 25, 1956.
- (12) Peñaloza, D. et al. "The influence of high altitude on the electrical activity of the heart". *Amer Heart* 61: 101, 1961.
- (13) Hurtado, A. et al. "Mechanism of natural acclimatization. Studies in natives residents of Morococha". School of Aviation Medicine, U.S.A.F. Report 56-1.
- (14) Valencia, C. "Ventilación pulmonar en mineros de altura". *Bol Salud Ocup* 7: 23, 1962.
- (15) Chiodi, H. "Respiratory adaptations to chronic high altitude hipoxia". *J Appl Physiol* 10: 81, 1957.
- (16) Cosio, G. Trabajo en preparación.
- (17) Arias Stella, J. y Recavarren, S. "Right ventricular hypertrophy in native children living at high altitude". *Amer J Path* 41: 55, 1962.
- (18) Arias Stella, J. "The terminal portion of the pulmonary arterial tree in people native to high altitude". *Circulation* 28: 915, 1963.
- (19) Monje Casinelli, et al. "Descripción de la dinámica circulatoria en el corazón y pulmones de habitantes a nivel del mar y y de las grandes alturas". *An Fac Med (Lima)* 39: 498, 1956.
- (20) Rotta, A. et al. "Pulmonary circulation at sea level and at high altitude". *J Appl Physiol* 9: 328, 1956.
- (21) Peñaloza, D. et al. "Pulmonary hypertension in healthy men born and living at high altitude". *Amer J Cardiol* 11: 150, 1963.
- (22) Campos, J. e Iglesias, B. "Observaciones anatomopatológicas en 49 personas normales, nativos y residentes en la altura". *Rev Lat Amer Anat Patol* 1: 109, 1957.
- (23) Cosio, G. "Trabajo minero a gran altura y los valores hemáticos". *Rev Salud Ocup* 10: 5, 1965.
- (24) Cosio, G. "Selección de trabajadores a nivel del mar y en la altura". *Rev Salud Ocup* 10: 39, 1965.
- (25) Marticorena, E. et al. "Modificaciones electrocardiográficas producidas por la vida en las grandes alturas. Observaciones en la infancia". Comunicación al I Congreso Peruano de Cardiología. Lima, noviembre de 1958.

Hematic and cardiopulmonary characteristics of the Andean miner (Summary)

There exists a close relationship between the hemoglobin level, and the altitude above sea-level.

In accordance with the hemoglobin values, miners working in high localities have been divided into three groups: a) those having hemoglobin values compatible with life and work at high altitudes; b) those having hemoglobin values bordering on those which would result in incompatibility; and c) excessive increase in the hemoglobin values (erythremia due to altitude) and, therefore, incompatible with life and work at such altitudes.

From the cardiopulmonary viewpoint, three varieties of altitude sickness are distinguish-

able: a) with severe hypervolemia and erythremia, and vasopulmonary congestion; b) with severe vasoconstriction of the arteries due to pulmonary hypertension and dilation of the pulmonary artery; and c) combination of the above two forms. The pulmonary X-ray, the electrocardiogram, and functional respiratory tests have special characteristics in each of these clinical forms.

In accordance with recent discoveries, a classification is made of miners working at high altitudes, into three groups, according to their aptitude to carry out intensive physical labor.

Características hemáticas e cardio-pulmonares do mineiro andino (Resumo)

Existe uma relação estreita entre o nível de hemoglobina e a altura sobre o nível do mar.

De acordo com os valores de hemoglobina, os mineiros de altura foram divididos em três

grupos: a) com valores de hemoglobina compatíveis com a vida e o trabalho em grande altura; b) com valores de hemoglobina nos limites da desadaptação e c) excessivo aumento dos valores de hemoglobina (eritremia de altura), e, portanto, incompatíveis com a vida e o trabalho a essas alturas.

Sob o ponto de vista cardio-pulmonar distinguem-se três variedades da enfermidade de altura: a) com severa eritremia e hipervolemia e congestão vascular pulmonar; b) com

severa vasoconstrição arteriolar de hipertensão pulmonar e dilatação da artéria pulmonar; e c) combinação das duas formas anteriores. A radiografia, o eletrocardiograma, bem como as provas funcionais respiratórias têm especiais características em cada uma destas formas clínicas.

De acordo com estes dados, classifica-se os mineiros de altura em três grupos, de acordo com sua aptidão para realizar trabalho físico intenso.

Caractéristiques hématiques et cardiopulmonaires du mineur andin (*Résumé*)

Il existe un rapport étroit entre le niveau d'hémoglobine et l'altitude au-dessus du niveau de la mer.

D'après les valeurs d'hémoglobine, les mineurs qui travaillent dans les hautes altitudes ont été répartis en trois groupes: a) ceux dont les valeurs d'hémoglobine sont compatibles avec la vie et le travail à haute altitude; b) ceux dont les valeurs d'hémoglobine sont à la limite de l'acclimatation, et c) ceux dont les valeurs d'hémoglobine présentent une augmentation excessive des valeurs d'hémoglobine (érythémie d'altitude) et, par conséquent, incompatibles avec la vie et le travail à ces altitudes.

Du point de vue cardiopulmonaire on dis-

tingue trois variétés du mal des montagnes: a) une érythémie et une hypervolémie graves et une congestion vasculaire des poumons; b) une vaso-constriction artérielle grave d'hypertension pulmonaire et dilatation de l'artère pulmonaire, et c) une combinaison des deux formes antérieures. La radiographie pulmonaire, l'électrocardiogramme ainsi que les épreuves fonctionnelles respiratoires présentent des caractéristiques particulières dans chacune de ces formes cliniques.

Sur la base de ces résultats, l'auteur a effectué une classification des mineurs travaillant dans les hautes altitudes en trois groupes, en tenant compte de leur aptitude à se livrer à un travail physique intense.