

# NUEVAS CONSIDERACIONES SOBRE EL TRABAJO DEL CORAZON EN BOGOTA

Por el Profesor FRANCISCO GNECCO MOZO

(Conclusión)

## LA RESERVA DEL CORAZON EN BOGOTA

Cuando escribí la monografía sobre el Trabajo del Corazón en Bogotá, ya citada, a pesar de que quedé convencido de que la vida en Bogotá después de la aclimatación, no entraña ningún esfuerzo para el corazón y menos es causa de enfermedades cardíacas, me asaltó una duda: yo había medido tensiones medias dinámicas en pacientes en reposo y en condiciones basales, y podría muy bien ser que la aclimatación del corazón apenas se efectuara hasta este punto. ¿Cómo averiguar si con el ejercicio físico el corazón, aún adaptado, se esforzaba más que a nivel del mar?

Indagué mucho al respecto; busqué métodos que resultaron en la práctica inaplicables, hasta cuando tropecé con el trabajo del investigador sueco Gustavo Nilyn, publicado en el **Journal of the American Medical Association** de fecha 23 de octubre de 1937, y en asociación del hoy doctor Guillermo Rey Turriago, quien presentó el año pasado los resultados de esta investigación como su tesis de grado con el título de "La prueba de Nilyn en la insuficiencia cardíaca" y que mereció la distinción de la Mención Honorífica en Primera Categoría de la Facultad de Medicina de Bogotá, verifiqué muchas pruebas, cuyas gráficas originales están aquí, a disposición de los señores académicos para su libre examen. "La prueba de Nilyn", para describirla brevemente, porque no quiero abusar de vuestra atención, consiste en tomar un metabolismo basal corriente, hacer verificar a la misma persona un ejercicio físico metronómicamente regulado, y tomar luego el tanto por ciento de aumento en el consumo del oxígeno. Para verificar esta prueba con toda exactitud, pedimos a la Universidad una escalera de las mismas características que la empleada por

Nilyn a nivel del mar, y repetimos cada experimento de personas normales siguiendo estrictamente la técnica del investigador sueco para medir la reserva del corazón: después de haber obtenido el consumo de oxígeno en reposo y en ayunas se le hacía verificar a cada persona normal un ejercicio consistente en dar primero 5 vueltas en la escalera de un metro de alto con 6 peldaños de cada lado a razón de 88 pasos por minuto, medidos por el metrónomo, y exactamente entre el segundo y el quinto minuto después de suspendido este primer trabajo, se medía el gasto de oxígeno; el segundo trabajo consistía en dar 5 vueltas en las escaleras pero a razón de 160 pasos por minuto, volviendo a medir el gasto de oxígeno entre el segundo y el quinto minuto después de suspendido el ejercicio, y la prueba mayor de reserva cardíaca, consistía en 10 vueltas a razón de 208 por minuto, tomando luego también el consumo de oxígeno inmediatamente después de efectuado el trabajo.

Las cifras máximas de tanto por ciento de oxígeno gastado para cada uno de los ejercicios que obtuviera Nilyn a nivel del mar, son las de 30% de más de consumo de oxígeno para el trabajo que consiste en 5 vueltas a 88 pasos por minuto; 75% de mayor consumo de oxígeno cuando se dan 5 vueltas en la escalera, pero a razón de 160 pasos por minuto, y por último, para el ejercicio violento, tan violento que nunca lo pudieron efectuar los cardíacos, aun los más compensados, de 10 vueltas en la misma escalera, a razón de 208 pasos por minuto, la cifra máxima del tanto por ciento de aumento en el consumo de oxígeno de Nilyn es de 112%. Pues bien, señores académicos, no solamente en las personas normales no pasó el tanto por ciento de consumo de oxígeno en el ejercicio físico sobre el gastado en el reposo, de las cifras máximas dadas por Nilyn, sino que en su mayoría las de Bogotá son cifras bien distantes de estas máximas. El doctor Guillermo Rey, con mi colaboración, logró comprobar que los anémicos tienen un gasto de oxígeno por encima de las cifras de Nilyn, así como los cardíacos, y sobre todo los con dilatación del corazón comprobada por medio de la radiografía. Esto explica el por qué hay que contar los glóbulos rojos a las personas que se quejan de mucha disnea cuando efectúan ejercicio físico en Bogotá, y sobre todo a los recién llegados de tierras bajas.

Aquí están las gráficas originales de esa tesis de grado, que respaldo yo en todas sus conclusiones, y que prueba con el método más

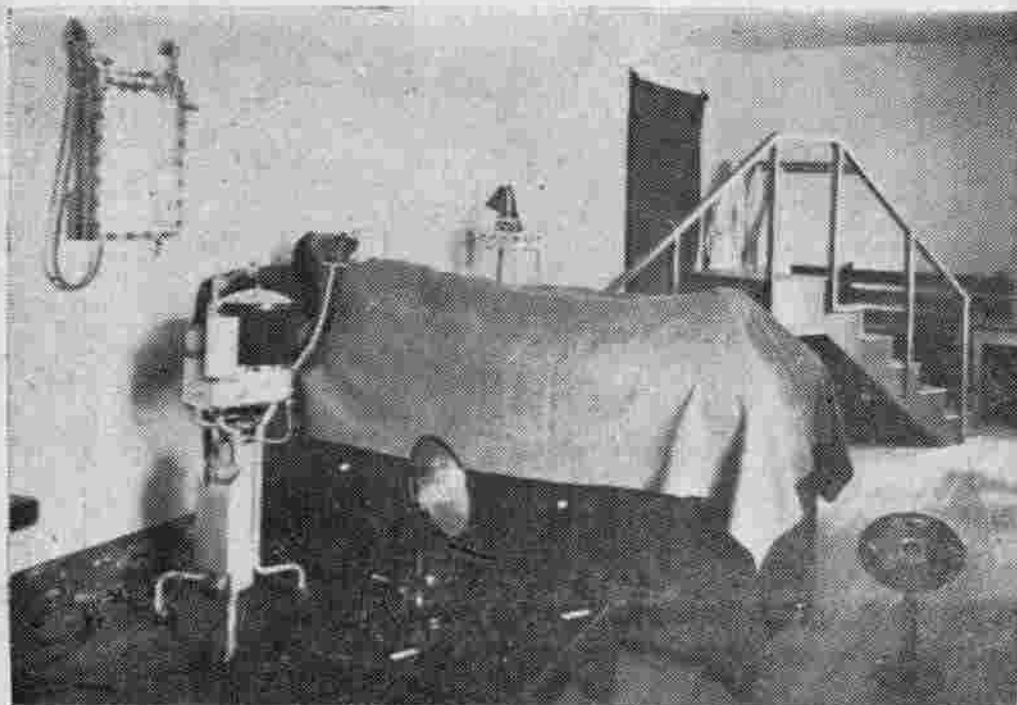


Figura N<sup>o</sup> 1  
Instalación para verificar la prueba de Nylin.

ingenioso con que contamos hoy para apreciar la reserva cardíaca del corazón, que esta energía en potencia no se encuentra disminuída en Bogotá. Según la figura N<sup>o</sup> 2, puede apreciarse cómo la demostración de que no hay disminución de la reserva cardíaca en esta altiplanicie, apoya indirectamente la tesis del igual trabajo del corazón en Bogotá y a nivel del mar. Si el trabajo del corazón en Bogotá, estuviera aumentado, la reserva cardíaca sería menor y no igual a la de tierras bajas.

#### LA ADAPTACION DEL CORAZON A LA ALTURA

En los 10 años transcurridos desde cuando escribí la monografía sobre el Trabajo del Corazón en Bogotá, gran número de investigadores han publicado trabajos referentes al mecanismo de la aclimatación en la altura.

Hace 10 años no contaba yo con tal refuerzo que viene en su totalidad a corroborar mis puntos de vista de entonces.

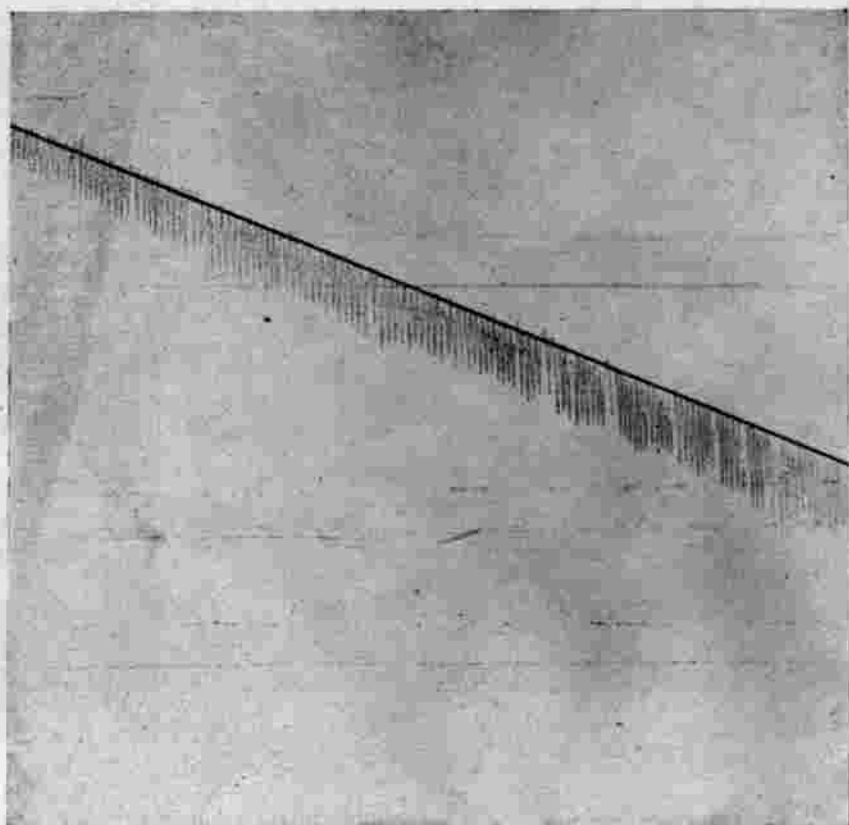


Figura Nº 1 a.

Gráfica original Nº 44 — R. G., 18 años — M — 48 kilos. Talla: 63 pulgadas.  
Gasto actual de O: 24 c. c.

Son los norteamericanos los que más han contribuido al esclarecimiento del mecanismo de adaptación, que sí es cosa nueva en la Fisiología de las alturas. Los trabajos de Van Liere, en 1942, los de Grollman en el Pike's Peack, de que ya hemos hablado, los de Dill de Cambridge a la altura del monte Auncanchilcha en Chile, y los del ya famoso médico militar Armstrong, que usó una cámara en la cual se pueden imitar las condiciones atmosféricas de distintas alturas, son de los más importantes progresos recientes en el estudio de la aclimatación.

Entre estos mecanismos de adaptación se ha encontrado para grandes alturas un aumento de la viscosidad de la sangre, un aumento del número y del tamaño de los glóbulos rojos, un aumento

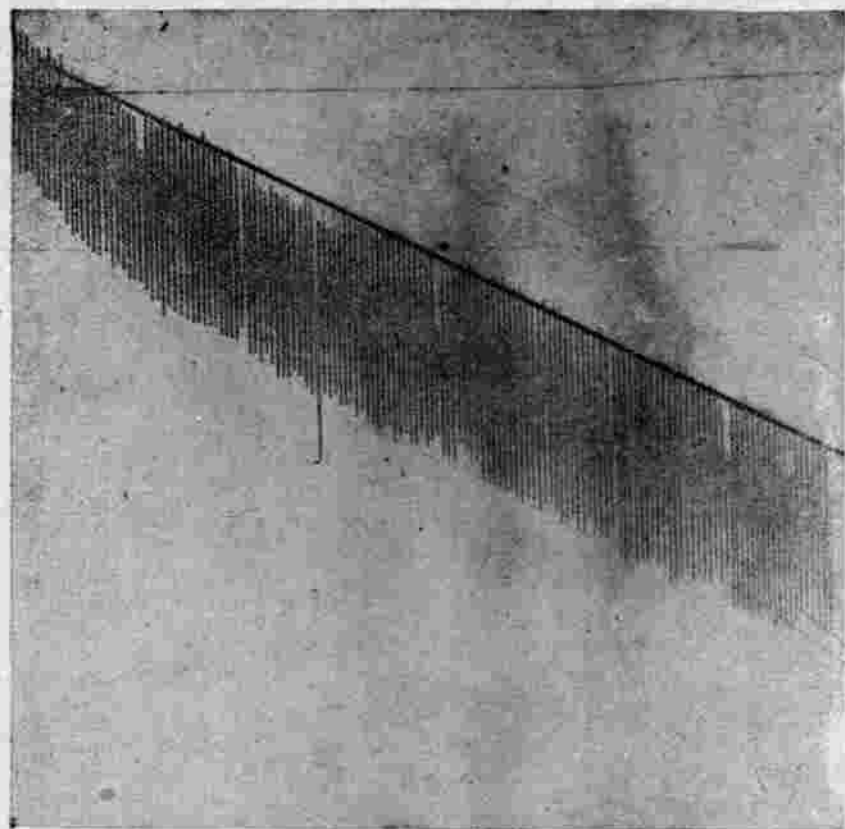


Figura Nº 1 b.

Gráfica Nº 45 — R. G. Gasto de oxígeno después de cinco vueltas en la escalera a razón de 88 por minuto: 290 c. c. = 18.37%.

de la hemoglobina, aumento de las proteínas séricas, aumento de la capacidad vital del pulmón, aumento de la respiración pulmonar, aumento en la actividad del sistema nervioso autónomo, factor hematocrítico de la sangre, que depende, naturalmente de la poliglobulia. También se tiene como mecanismo de defensa orgánica contra el mal de las alturas, una disminución del  $\text{CO}_2$  de los alvéolos y la sangre, así como de la reserva alcalina, del número de pulsaciones en reposo y del metabolismo basal.

No sabemos todavía cuál de estos fenómenos se verifica primero, y no hay duda de que aún quedan puntos oscuros en estas investigaciones, pero es lo cierto que muchos de los mecanismos enumerados son capaces por sí solos y aisladamente, de compensar la menor

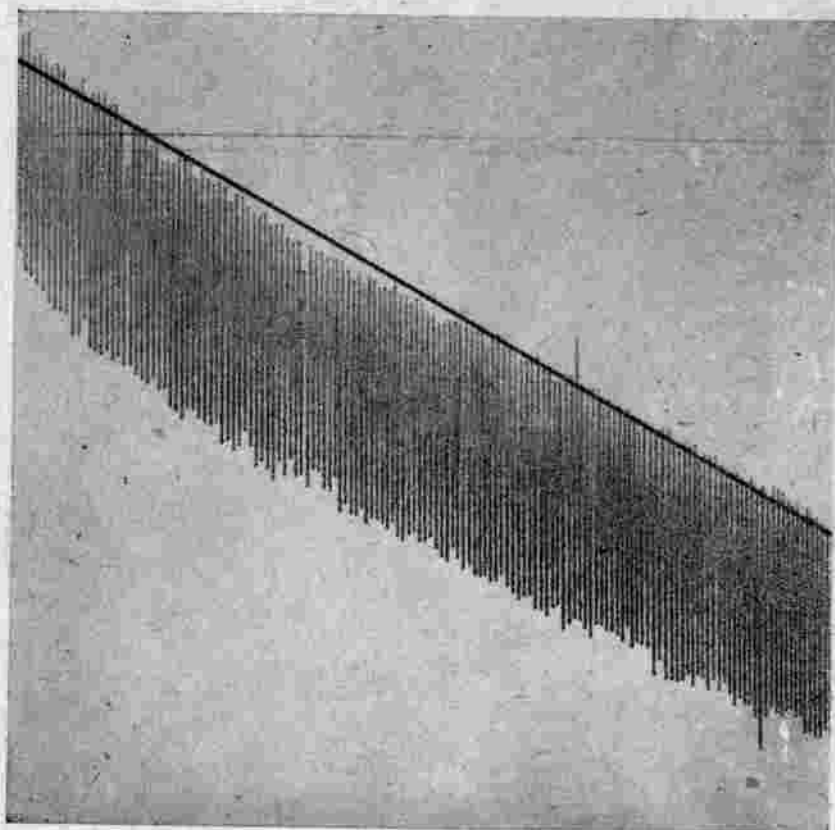


Figura Nº 1 c.

Gráfica Nº 46 R. G. Después de cinco vueltas en la escalera a razón de 160 pasos por minuto: Gasto de oxígeno, 330 c. c. = 34.60%.

presión parcial del oxígeno en el aire atmosférico en alturas compatibles con la vida humana y en lo que al trabajo del corazón se refiere, el aumento de la profundidad respiratoria, la mayor capacidad de los tejidos para fijar el oxígeno y la poliglobulia, cualquiera de ellos es suficiente para permitirle al corazón trabajar sin esfuerzo después de la aclimatación.

Tengo la impresión de que nosotros hemos buscado para Bogotá fenómenos de adaptación que no se necesitan sino a alturas mucho más elevadas. Dill de Cambridge en sus experiencias sobre los efectos de la altura en el corazón, y la circulación a 6.600 sobre el nivel del mar (Am. Heart, Journ abril 1942), encontró un aumento evidente del número de glóbulos rojos, y de la hemoglobina, en los in-

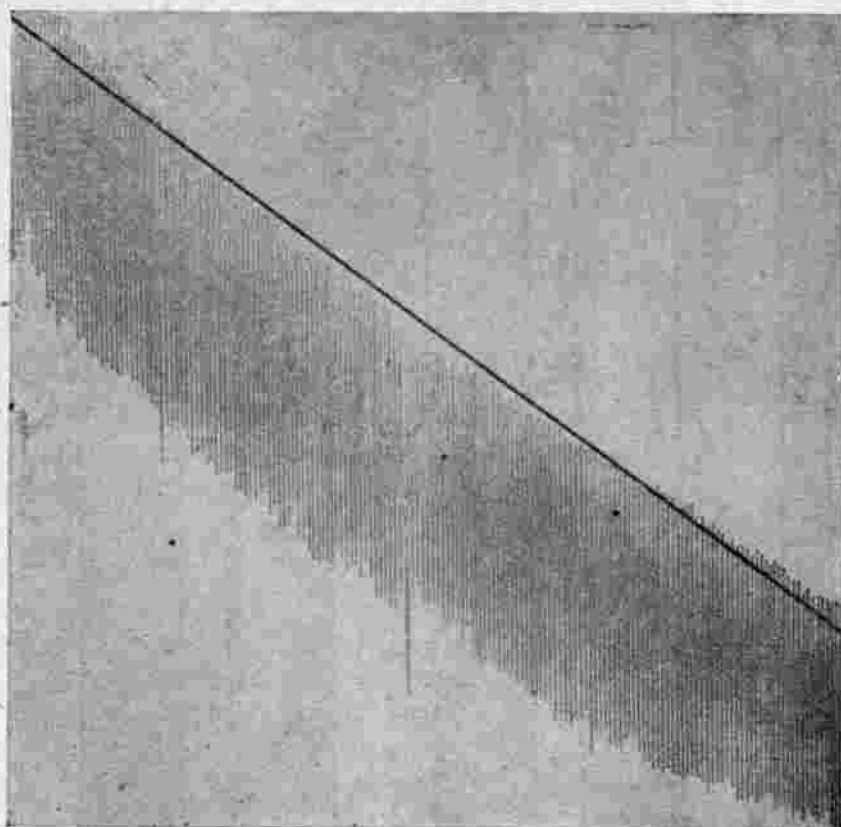


Figura N° 1 d.

Gráfica original N° 47. Después de 10 vueltas en la escalera a razón de 208 pasos por minuto. Gasto de oxígeno: 420 c.c. Relación con la prueba en reposo, 75.60%. Tanto esta prueba como las anteriores demuestran que la Reserva Cardíaca en Bogotá es igual a la del nivel del mar.—(Gráficos del trabajo de tesis de grado del doctor Guillermo Rey T.—Mención honorífica de la Facultad de Medicina.)

dividuos aclimatados que viven en el monte Aucanquilca de Chile. Y sin embargo, como para probar lo que antes dijera, aquél investigador obtuvo una media de 55 a 60 pulsaciones en reposo y una presión arterial igual a la del nivel del mar. Cuenta Dill que la viscosidad de la sangre de los habitantes de aquellas alturas era tan grande que era bien difícil extraerla, aun con las agujas más gruesas.

Al encontrar Dill una tensión arterial y un número de pulsaciones iguales al del nivel del mar, coincidiendo este hallazgo con una fuerte poliglobulia, en individuos aclimatados a 6,600 metros sobre

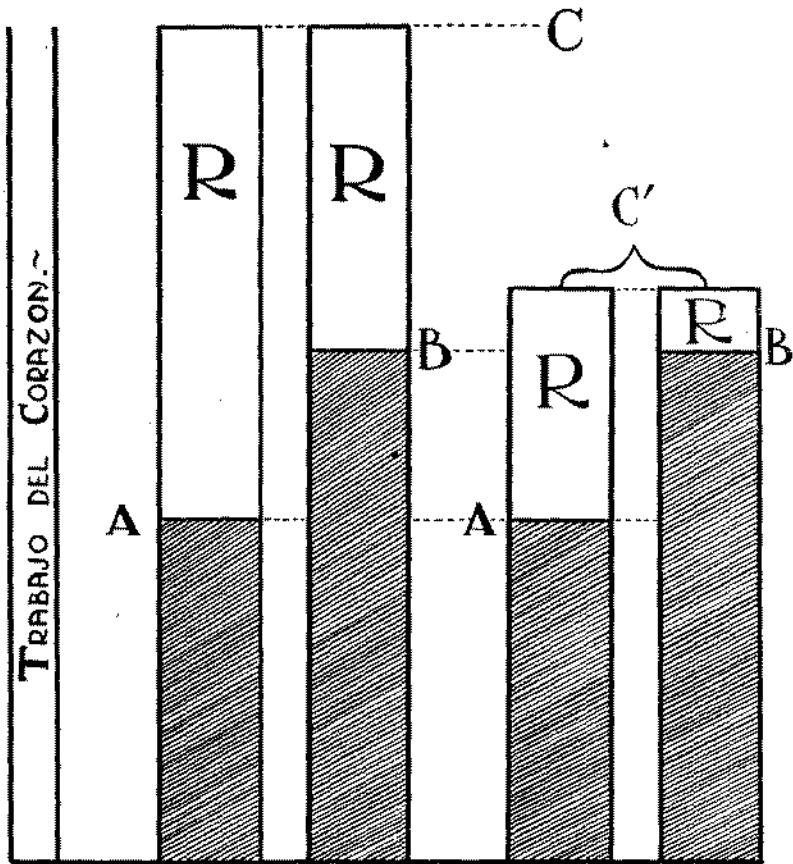


Figura Nº 2

TRABAJO DEL CORAZON EN

- A = Reposo en la cama.
- E = Actividad ordinaria.
- R = Reserva cardiaca.
- G = Corazón normal.
- C = Corazón enfermo.

La reserva es tanto menor, cuanto mayor sea el trabajo del corazón.  
 (Según Katz L. N. "Mechanism of heart failure" J. Mount Sinai Hosp.  
 8-608 - 1942.

(Siendo la reserva del corazón) igual en Bogotá que al nivel del mar, indirectamente se demuestra que el trabajo del corazón en Bogotá no puede estar aumentado con relación a ese nivel.

el nivel del mar, está probado que tan lejos estamos en Bogotá de la altura a la cual el corazón aclimatado ha de aumentar su esfuerzo. En aquella enorme altura, la poliglobulia, permitiendo una mayor absorción de oxígeno por unidad de tiempo, compensa la disminución de la presión parcial de oxígeno atmosférico, y el corazón tra-



baja con igual tensión arterial e igual número de contracciones por minuto que al nivel del mar.

Cuando un mecanismo de estos no tiene evidencia, como sucede en Bogotá, donde no se ha comprobado aún un aumento del número de glóbulos rojos permanente, con relación al nivel del mar, ni de la hemoglobina ni de la viscosidad sanguínea, hay que concluir que no se necesita, porque cuando el organismo humano no pone en obra sus mecanismos de defensa es por una de dos razones: o porque no puede hacerlo, o porque no es necesario, y no creo que haya fisiólogo ni médico que concluyera que el hombre bogotano no es capaz de poner en obra los mecanismos de defensa orgánica, lo mismo que cualquier otro hombre del mundo, si los necesitara.

Hay mecanismos de defensa mucho menos evidentes que la poliglobulia, la hiperviscosidad sanguínea o la hipercromia de la sangre. Está perfectamente comprobado que la constante de difusión del oxígeno en la sangre aumenta en la aclimatación a la altura y este fenómeno de mayor permeabilidad pulmonar sería suficiente para compensar la menor presión parcial del oxígeno en la atmósfera de 560 milímetros en que vivimos, y es por este lado por el que estoy llevando a cabo actualmente investigaciones en colaboración, cuyo resultado habré de informar a la Academia en oportunidad si a la Academia le interesare. Es bien comprensible, señores académicos, que si en Bogotá el oxígeno pasa por las dos delgasísimas capas de células planas del alveólo pulmonar hacia la sangre venosa con mayor rapidez que a nivel del mar, y una rapidez que compense la tensión parcial del oxígeno a nuestra altura, no hay necesidad de poliglobulia, y ni siquiera de aumento de la profundidad de las respiraciones. Es hacia estos mecanismos sencillos, hacia donde hemos de dirigirnos para buscar la explicación de por qué el corazón trabaja en Bogotá sensiblemente lo mismo que a nivel del mar de París.

Y como no quiero alargar demasiado esta conferencia, voy a limitarme ahora a transcribir en resumen los experimentos del médico militar Harry I. Armstrong, autor del libro "Principios y Prácticas de la Medicina de Aviación", publicada en 1943, que ha contribuido enormemente a esclarecer estos problemas, hasta tal punto que se le tiene hoy como una autoridad mundial en la materia.

Tengo que explicar, antes de connezar la lectura de esta transcripción, que las experiencias se hicieron en una cámara de altura,

para aislar los factores como el de vibración, ruido y la ansiedad del vuelo actual, que se verificaron a una presión parcial del oxígeno equivalente a 4.000 metros de altura, y que, como el autor lo dice, se escogió esta altura porque por debajo de ella de 8.000 a 9.500 pies, es decir, desde la altura de Bogotá hasta 3.166 metros, los investigadores Macfarland y Edwards según su trabajo publicado en el *Journal of Aviation Medicine* de 1937 (8-156-177) no se obtuvieron demostraciones de trastornos orgánicos aparentes en ningún sentido, con relación a la vida a nivel del mar. Es pues a una altura muy superior a la de Bogotá a la que se verifican estos experimentos, y vamos a ver sus resultados.

#### ENFERMEDAD CRONICA DE LAS ALTURAS

Por Armstrong.

(Del libro principios de la Medicina de Aviación) del doctor Harry Armstrong, coronel del cuerpo médico del ejército de los Estados Unidos. Publicado por The Williams Company, Baltimore 1943).

#### INTRODUCCION

La enfermedad crónica de las alturas ha recibido poca consideración comparada con la aguda y mucho menor de la que su importancia merece. A pesar de que la última está muy demostrada y tiene manifestaciones espectaculares, la primera actúa insidiosamente y puede a la larga ser aún más grave.

Durante la primera parte de la gran guerra mucho se voló sin oxígeno a alturas que variaban de 12.000 a 18.000 pies, y como consecuencia de ello muchos de los pilotos que lo hicieron desmejoraron rápidamente y se volvieron temporal o permanentemente inaptos para la aviación. Desgraciadamente no se hicieron estudios detallados de estos casos y todo lo que sabemos que a esto concierne se contiene en una información de la Misión Médica Americana, que fue enviada a estudiar medicina de aviación a Europa en 1917. Hay que recordar que los miembros de esta misión se sorprendieron muy principalmente por el número de pilotos extranjeros que aparecían en perfecta salud y que sin embargo no les era permitido volar. Se reconocía entonces que la desmejora observada se debía a ciertas condiciones dependientes del vuelo, pero **no parece haber sido evidente que la falta de oxígeno era el factor etiológico principal.**

El número enorme de muertes entre los pilotos aliados durante la

primera parte de la guerra debido a estrelladas, causadas no por el enemigo ni a causa de fallas en los aeroplanos, se debe achacar muy principalmente al desarrollo de la enfermedad crónica de la altura, porque coincidiendo con la marcada disminución de mortalidad entre los pilotos durante la última parte de la guerra, actuó el uso de equipos de oxígeno.

Durante la última parte de la Guerra Mundial la atención de Corbett y Bazett, Flack y Birlé se dedicó a este problema, y estos autores fueron los primeros en haber reconocido una conexión directa entre la anoxia repetida y la fatiga crónica de los pilotos. Entre otras cosas, ellos observaron que los pilotos que volaban repetidamente a muy grandes alturas encontraban sus "ceilings" más y más bajos, y que había una gran desmejora entre ellos. También notaron que las unidades de combate que se equipaban con oxígeno eran capaces de efectuar hasta dos veces más vuelos y que sufrían mucho menos a causa de ellos, que las unidades de vuelo no equipadas con oxígeno.

Después de la Guerra Mundial, el uso de oxígeno para las grandes alturas se hizo obligatorio en los servicios militares y no fue sino hasta el establecimiento de la aviación comercial que la enfermedad crónica de las alturas se volvió un problema de importancia. En los días en que se iniciaba la aviación civil no había restricción acerca de la cantidad y la frecuencia de vuelo para los pilotos de una línea y ocasionalmente trabajaban a alturas tan grandes como de 18.000 pies sin oxígeno. Pasando el tiempo, surgieron quejas de fatiga crónica entre los pilotos y en 1933 un representante de ellos apareció ante la convención de la Asociación Médica Aérea pidiendo una investigación acerca del problema. En ausencia de datos acerca de estos estudios que eran necesarios para cualquier conclusión, la Asociación Médica Aérea se vió forzada a hacer la recomendación de investigar sin haber determinado antes las causas de las condiciones responsables de tal fatiga, y como consecuencia se perdió otra oportunidad para hacer estudios sobre la enfermedad crónica de las alturas.

Nuestro único conocimiento exacto del efecto de la exposición repetida a la altura es el recientemente obtenido por Heim y por mi mismo, trabajando con dos grupos de sujetos en la cámara de altura a una equivalencia de presión atmosférica de 12.000 pies (4.000 metros). La cámara de altura se eligió para estos estudios en preferencia al vuelo en sí, para aislar las condiciones específicas de ciertos

otros factores como el ruido, la vibración, la ansiedad, presentes en los vuelos de los aviones. Se escogió la altura de 12.000 pies para estar bien por encima de los 9.500 pies (3.166 metros) a los cuales Macfarland y Edwards, en su trabajo publicado en el *J. Aviation Med.* 1937, 8: 156-177, con el título "El Efecto de las Exposiciones Prolongadas a Alturas de 8.000 a 12.000 Pies durante los Viajes Transpacíficos", trabajo en el cual los citados autores obtuvieron resultados negativos, es decir, (que no se demostraron por ninguno de los métodos de investigación actual, trastornos orgánicos aparentes); bien por debajo de las grandes alturas que se sabe producen enfermedad aguda de las alturas y justamente encima de la zona a la cual el oxígeno de la sangre se baja a un nivel crítico. En este estudio se usaron 10 saludables estudiantes como sujetos de experimentación de los cuales 5 se exponían 4 horas diarias y otros 5, 7 horas diarias por 27 días consecutivos, excluyendo los domingos. Cada grupo fue observado por 3 días antes de que comenzaran las exposiciones, y por 6 días después de que se hubieron terminado. Durante el experimento cada sujeto llevaba un recuento de los síntomas subjetivos, para estimar el grado de desviación de lo normal. Además de 2 pruebas psicológicas diferentes a cada uno, se le hacían diariamente 21 pruebas fisiológicas. El resultado de estos estudios forma la principal base para la discusión de la enfermedad crónica de las alturas que va a seguir, y es la prueba de que ciertos otros experimentos y observaciones clínicas en este campo, que no habían tenido hasta ahora confirmación suficiente, son esencialmente correctos. Al evaluar la importancia y la seriedad de la enfermedad crónica de las alturas el lector debe recordar el hecho de que la mayoría de los casos que se presentan se derivan de estudios a sólo 12.000 pies de altura y que los efectos observados a este nivel son mínimos. Mayores alturas parecen traer más profundos cambios, pero desgraciadamente no se han hecho estudios controlados a estas alturas.

#### DEFINICION

La enfermedad crónica de las alturas puede ser definida como los trastornos que ocurren como resultado de un decrecimiento de la presión parcial de oxígeno en el aire inspirado durante los viajes repetidos en la altura y que se marca por el efecto acumulativo de la anoxia repetida y su complejo sintomático.

**Etiología.**—La etiología de la enfermedad de las alturas se ha discutido en algún detalle en el capítulo 16 y en este punto añadiremos solamente que la enfermedad crónica de las alturas es debida frecuentemente a repetidas exposiciones a una presión de oxígeno disminuida en el aire inspirado durante los viajes a gran altura.

#### SINTOMATOLOGIA.—SINTOMAS SUBJETIVOS

En el estudio a 12.000 pies (4.000 metros) de altura a que nos referimos, todos los sujetos demostraban ciertos síntomas subjetivos en cuanto comenzaba la exposición. Durante los primeros días, los que se exponían por períodos de 4 horas se quejaban de ligeros dolores de cabeza que principiaban durante la exposición y persistían por muchas horas después. Se quejaban también de fatiga de los ojos con ardor en la conjuntiva. En todos los casos, hubo aumento de apetito y se pudo comprobar que la cantidad de alimentos consumidos por cada individuo llegó a un 50 o 100% sobre la normal.

Después del quinto día de la exposición, los dolores de cabeza se volvieron menos frecuentes, pero hubo marcada tendencia al sueño y una fatiga física y mental, con poca inclinación para el trabajo, y aún para el recreo. Más sueño que el normal se requería, y aun cuando era aparentemente lo suficientemente largo, parecía no hacer descansar a los sujetos de modo apropiado.

Al terminar la tercera semana, los individuos en observación demostraron una mejoría subjetiva, pero al mismo tiempo tenían una marcada irritabilidad, nerviosidad, insomnio y dificultad para la concentración mental, la retención y la atención.

Al final del experimento, el grupo se retuvo bajo observación por 6 días más, durante los cuales todos los síntomas subjetivos desaparecieron. Un resultado interesante de esa observación durante el período de recobro, fue la notable mejoría en la cenestesia de los individuos todos. Parece que después de los primeros pocos días de la exposición, los sujetos no se daban cuenta de los síntomas mencionados, y no se percataban de su extensión ni de su progreso. Cada día, mientras desmejoraban más, comparaban sus condiciones con las del día anterior, y perdían toda concepción de cómo era el sentirse perfectamente bien. (1) Como consecuencia, durante la exposición

(1) Este fenómeno es parecido a la obtusa conciencia que de sus trastornos muestran los atacados de anoxia o hipoxia aguda. ("Mal de las alturas") F. G.

ellos informaban acerca de sus síntomas, pero no comparándolos a lo normal, sino comparándolos al período inmediatamente precedente, y se sorprendieron después de terminar el experimento, cuánto habían desmejorado sin haberse dado cuenta de ello.

En el grupo de sujetos expuestos por 7 horas diarias a 12.000 pies (4.000 metros) los síntomas eran generalmente similares a los encontrados en el grupo de exposición de sólo 4 horas diarias. Era de esperarse que cuanto mayor exposición mayor fatiga resultaría, pero ese no fue el resultado. Sin embargo, ciertos síntomas que no se veían en el grupo de 4 horas diarias, se manifestaron en los de 7 horas diarias. Consistían en ataques ligeros de náuseas, falta de apetito, indigestión y mareos **que sugerían que los sujetos sometidos a exposiciones de 7 horas sufrían en cierto grado de enfermedad de las montañas.** Esta última se manifestó al final de la primera semana de exposición, y persistió a todo lo largo del experimento.

La principal significación de los hallazgos anteriores es que la enfermedad crónica de las alturas puede desarrollarse de exposiciones repetidas a alturas tan bajas para la aviación como 4.000 metros y que los efectos subjetivos pueden progresar hasta ser bien marcados sin que el individuo se dé cuenta de la diferencia con lo normal. En otras palabras, la desmejoría es mucho más real que aparente y el detrimento puede fácilmente volverse peligroso en el aire, de resultas de este mal crónico de las alturas sin realizar los pilotos su verdadero estado.

La oportunidad para estudiar los efectos de los vuelos diarios a 12.000 pies y a 16.000 pies sin oxígeno, (4.000 metros y más) nos fue suministrada por dos grupos de pilotos que se ocupaban de cartografía aérea. En cada uno de los viajes aéreos efectuados por estos pilotos, emplean horas a grandes alturas, y el total de los viajes puede durar hasta 6 semanas. Encontraron ellos que tales exposiciones a grandes alturas, después de una semana o dos, produce una marcada fatiga mental y corporal, cierto adormilamiento, falta de voluntad y una profunda irritabilidad, así como pérdida del miedo al peligro de estar en el aire. Después de completar estas misiones, han observado que el período de tiempo requerido para recobrase suficientemente es aproximadamente igual al tiempo de la exposición, por ejemplo: un mes de vuelo requiere un mes de reposo para la adaptación de nuevo al nivel del mar. Según su experiencia, el máximo resis-

tible a grandes alturas sin oxígeno es de un total de 225 horas de permanencia, en el curso de seis semanas.

#### SINTOMAS OBJETIVOS

**Temperatura corporal.**—La temperatura del cuerpo de los sujetos expuestos a 4.000 metros fue de un cuarto de grado menor en la mañana que en la tarde. Sin embargo, en cuanto las exposiciones comenzaron, se notó que la temperatura media de la mañana bajó de la obtenida durante el período de control en una extensión de medio a un grado en el grupo de cuatro horas y de un grado y cuarto en el grupo de 7 horas de exposición diaria.

Estos resultados parecen indicar que la temperatura del cuerpo permanece normal con grados moderados de anoxia, pero en las siguientes 24 horas, baja por debajo de la normal en una extensión que depende de la duración y posiblemente de la severidad de la exposición. La significación de este cambio no es clara, pero puede colegirse que como consecuencia de la anoxia, hay alguna influencia sobre el mecanismo regulador del calor orgánico o que este fenómeno es el resultado y la consecuencia indirecta de la fatiga. Las investigaciones al respecto de este cambio en la temperatura se han seguido, pero no tenemos conclusiones por ahora.

**Respiración.**—Como se muestra en la figura 33, hay una ligera aceleración de la respiración en el primer día de la exposición pero no hay duda de que este efecto es más psicológico que fisiológico, ya que se trataba de la primera experiencia de estos individuos en la cámara de altura. Hablando en general, el número de respiraciones permaneció normal durante el período experimental y el único punto de interés que puede mostrarse por la gráfica es que durante el período de control, antes y después del experimento, el número de respiraciones en las tardes era ligeramente menor que en la mañana, mientras que durante la prueba fue lo contrario, es decir, que el número de respiraciones mientras los individuos estaban en la cámara de altura era mayor por las tardes que por las mañanas.

**Eliminación urinaria.**—La cantidad de orina eliminada para ambos grupos (de 4 y 7 horas diarias) fue de 60 centímetros cúbicos por hora con una gravedad específica de 1.016 en el primer grupo y de 1.019 en el último. Inmediatamente que se expusieron en la cámara, ambos grupos mostraron mayor eliminación de orina. El aumento en tal experimento llegó hasta 100% sobre lo normal y en ciertos

días llegó hasta 300% sobre el normal. Este aumento en la eliminación urinaria hizo bajar la densidad pero no en proporción que mostrara que había una eliminación mayor de sólidos y líquidos del organismo. Desgraciadamente los líquidos y sales ingeridas no fueron controlados, ni se colectaron muestras de orina de 24 horas, de suerte que la significación de ese hallazgo requerirá mayores estudios antes de que se puedan extraer conclusiones sobre las causas de este fenómeno. (1)

**Peso del cuerpo.**—Había una diferencia interesante entre los grupos de 4 horas y el de exposición de 7 horas diarias con respecto al peso del cuerpo. En el grupo de 4 horas hubo un marcado aumento del apetito, y aun cuando no se midió precisamente, se calculó que la cantidad de alimentos aumentó de un 50 a un 100% sobre lo normal. A pesar de este aumento de apetito, hubo una pérdida de peso de cerca de 2 libras por cada hombre durante los primeros 3 días del experimento. (1) Como estas investigaciones se terminaban los sábados a medio día cada semana, y no se verificaban de nuevo hasta el lunes a medio día, había un período de 48 horas de reposo. Este período de reposo parece que no tuvo beneficio efectivo, porque los lunes, el peso de todos los individuos era aproximadamente el mismo que se había obtenido el sábado anterior. Sin embargo, durante los 2 días siguientes, a pesar del hecho de que las exposiciones se renovaron, el peso aumentó a un punto ligeramente superior del normal. Al tercer día de la exposición, cada semana, el peso permanecía constante y luego caía de nuevo durante los últimos 3 días del período, pero no tan bajo como sucediera en la semana inmediatamente anterior. El resultado fue una fluctuación dos veces por semana, y tuvo por efecto la conservación, en general, del peso en el mismo nivel cada semana. Al seguir el experimento, el peso de los individuos aumentó rápidamente por 4 días, a cerca de 2 libras por encima de lo normal, y luego comenzó a reasumir su nivel anterior. En el grupo de 4 horas el peso de cuerpo fluctuó en una zona muy estrecha durante los primeros 6 días del experimento, y luego cayó uniformemente al final, en

---

(1) Este fenómeno, digno de investigarse en Bogotá con relación al nivel del mar, explicaría por qué se hinchan las extremidades de algunas personas al bajar a Girardot o a Apulo, etc., y tiene mucha importancia en el tratamiento de los cardiorrenales.—F. G.

(1) Esta baja de peso bien puede atribuirse a la pérdida de agua por la mayor eliminación urinaria.—F. G.



el que se anotó una pérdida de 2 libras. Siguiendo el experimento, el peso de los sujetos se incrementó rápidamente por 6 días durante los cuales se ganó en general una media de 4 libras por persona.

Como el grupo de 4 horas, el de 7 desarrolló un apetito ostensiblemente mayor, pero a pesar de ello, no se anotó como en el grupo de 4 horas diarias de exposición, un mayor gasto de alimentos ingeridos. Se debió esto probablemente a las náuseas que aparecieron poco después del principio de cada comida, a partir de los primeros 3 ó 4 días de la exposición.

**Las glándulas suprarrenales.**—En 1937 Giragossintz y Sundsdroem estudiaron ratas en condiciones de presiones atmosféricas bajas y encontraron que estos animales mostraban 3 estados de cambio con respecto a su medio. El tercero de estos estados se encontró cuando los animales se exponían a muy bajos niveles de presión por periodos extensos de tiempo y se consideró como una expresión de exhaustación de la función adaptativa. Se consideró que las alteraciones observadas bajo las condiciones de presión baja eran idénticas a las alteraciones funcionales observadas en la insuficiencia cortico-suprarrenal en los animales a los cuales se les extraen las cápsulas suprarrenales. Ellos razonaron que si la causa del funcionamiento anormal era debida a la deficiencia de la hormona cortical, la administración de esta hormona a los animales mejoraría tal efecto. Y así fue en realidad.

Los autores pudieron demostrar histológicamente que después de exposiciones a anoxia prolongada, el daño para las cápsulas suprarrenales se evidenció por una necrosis y hemorragia celular, o cuando esto no se demostraba, por gotas del lipoides que Swemer ha encontrado en las insuficiencias suprarrenales. Esta lesión estructural y funcional fue considerada como debida a una urgente demanda de la glándula, resultado de la fatiga eventual. Esta hipótesis se probó que era correcta cuando estos autores encontraron que las cantidades de hormona cortical absorbidas fue mayor para mantener las ratas a las cuales se les habían extirpado las suprarrenales, progresivamente con la baja presión a que los animales eran expuestos. La dosis mínima de mantenimiento a la presión de 300 milímetros (23.566 pies) fue más de 20 veces mayor que la requerida a nivel del mar. De todo lo anterior se infiere que los animales con suprarrenales intactas, expuestos a las mismas alturas, requieren una igual cantidad de hor-

mona cortical y que las glándulas eran suficientes para fabricar las hormonas requeridas.

(Giragossintz, G. Suotstroem, E.: insuficiencias cortico-suprarrenal en las ratas bajo presión atmosférica producida. Proc. Soc. Exper. Biol. & Med. 1937, 36: 432, 434).

En 1938 Armstrong y Heim trabajando con conejos a 379 milímetros de presión (18.000 pies) y con un período de exposición de sólo 4 horas por día encontramos los mismos resultados que los autores anteriores. En sus series había una hipertrofia de la glándula suprarrenal en los primeros estados del experimento, seguidos por un cambio degenerativo de la corteza de la glándula. Las secciones histológicas demostraron más sustancia medular con una gruesa capa del fascículo de la corteza. Cuando se anotaba degeneración, la corteza tenía células como espumosas que iban desde el grado 1 hasta el grado 4 y en algunas muestras había vacuolas. En un grupo de animales expuestos por 5 semanas a las condiciones descritas arriba, el peso de las cápsulas suprarrenales se incrementó hasta 28.30% sobre el normal; en un grupo de animales expuestos por períodos de 5 meses, el peso medio de las cápsulas suprarrenales fue hasta de 400% mayor que el del grupo de control.

En vista de los hallazgos anteriores, es interesante anotar la posibilidad de que la fatiga tanto en el mal de altura crónico como en el agudo, se puede deber a una insuficiencia suprarrenal por exhaustación. Se ha demostrado que en la anoxemia aguda la cifra de metabolismo basal no siempre es más baja, sino que el consumo de oxígeno puede permanecer normal. **De lo anterior se sigue que los efectos de la exposición a grandes alturas no son necesariamente debidos a una deficiente utilización del oxígeno por el cuerpo, sino a alguna otra causa.** Queriendo identificar esta otra causa por comparación con síndromes de las varias entidades patológicas "de etiología conocida", uno no puede dejar de anotar la similitud de este síndrome con la insuficiencia de las glándulas suprarrenales.

Como se sabe, generalmente el cuadro clínico de la enfermedad de Addison no aparece sino hasta cuando aproximadamente 4/5 de la glándula ha sido destruida, lo que trae como consecuencia una deficiencia marcada de la secreción cortico-suprarrenal. Antes de la completa deficiencia de la glándula, sin embargo, hay un período variable de tiempo durante el cual los síntomas de insuficiencia supra-

renales leves predominan y consisten éstos en astenia, cansancio, letargia, dolor de cabeza, debilidad, fatiga e irritabilidad nerviosa. Como estos síntomas se encuentran en la enfermedad crónica de las alturas, es posible que ésta pueda ser debida a la insuficiencia cortico-suprarrenal. Y si lo último ocurre, no es el resultado necesariamente de una destrucción de la glándula suprarrenal, sino más bien de una demanda anormal del organismo que necesita mayor cantidad de hormonas suprarrenales.

Además de la similitud de los síntomas subjetivos en estas dos condiciones, hay cierta analogía en los síntomas objetivos. Los pilotos de aeroplanos muestran en general una **tensión arterial disminuida y las exposiciones a la altura han sido la causa de esta condición**. Los pilotos también, en general, sufren síntomas gastro-intestinales que se ven frecuentemente en la enfermedad de Addison. A pesar de que es verdad que los casos de enfermedad crónica de las alturas no muestran una disminución del cloruro de sodio o un incremento de nitrógeno no proteico en la sangre, hay que recordar que los casos leves de enfermedad de Addison no muestran tampoco estos cambios.

La discusión anterior no hay que interpretarla como una prueba de que la enfermedad crónica de las alturas es dependiente de una insuficiencia suprarrenal, sino como un argumento acerca de tal etiología. Es necesario trabajar mucho más por este camino para llegar a conclusiones definitivas.

**El sistema cardio-vascular.—Pulso y tensión arterial.**—En los sujetos expuestos a 12.000 pies (4.000 metros) repetidamente, en la cámara de altura se encontró que al principio de los experimentos el pulso subía de 72 hasta 87. En los días que siguieron, tanto cuando estaban los individuos dentro de la cámara de altura como cuando estaban fuera, el pulso tendió a disminuir, de suerte que al final de los 27 días el pulso fuera de la cámara de altura era de 63 y el de dentro de la cámara era de 66, lo que constituye una disminución para los dos estados de unas 10 pulsaciones por minuto. La significación de esta disminución del pulso después de la exposición repetida a la altura no se puede explicar, pero parece indicar un proceso de adaptación al fenómeno de la fatiga.

La tensión arterial en estos casos era aproximadamente la misma a nivel del mar y a 12.000 pies. El efecto de la exposición en algunos

casos fue una ligera baja en la tensión sistólica y una elevación leve de la diastólica.

El índice de Schneider a 12.000 pies (4.000 metros), por regla general fue de 5 puntos más bajo que a nivel del mar. Durante el curso del experimento este índice fue diferente en el grupo sometido a 4 horas diarias de exposición, con respecto al de 7 horas diarias. En el primero, el índice bajó cerca de 2 puntos durante los primeros 10 días de exposición y después subió hasta el fin del experimento, **tiempo en el cual había recobrado su valor inicial**. En el grupo de 7 horas diarias de exposición, el índice subió desde el primer día y hacia el día 19 había llegado, desde una media de 13,6 a 17. El índice durante el tiempo en que se tenía a los individuos dentro de la cámara de altura subió también, y hacia el día 21 había ganado 24 puntos.

Este aumento en el índice de Schneider con las exposiciones repetidas a la anoxia se debía principalmente a la disminución del pulso y en menor grado a la reacción de la tensión arterial, a medida que el experimento progresaba. Este aumento es de significación particular en relación con los estudios de fatiga de los pilotos, porque se ha creído siempre que el estado de fatiga se manifestaría por un índice de Schneider disminuído. En vista de las anteriores demostraciones, es evidente que esta creencia es falsa, a lo menos para la particular circunstancia en que se hicieron nuestros experimentos, y si aceptamos el índice de Schneider como una medida de la eficiencia circulatoria habría **que concluir que cuanta mayor fatiga debida a la anoxia repetida, hay mayor eficiencia circulatoria**.

**Química de la sangre y numeración globular.**—En 1938 Armstrong y Heim encontraron que los animales expuestos a 18.000 pies repetidamente por 4 horas diarias no demostraron cambios significativos en el cloruro de sodio, en el oxígeno o en el nitrógeno no proteico de la sangre, y en el año siguiente demostraron que también era lo mismo en los humanos sometidos a los mismos períodos de tiempo a 12.000 pies de altura.

La numeración de las células sanguíneas, tanto en los hombres como en los animales, permaneció sensiblemente igual a lo normal. (Sigue un cuadro en que se demuestra lo que se dice anteriormente.)

**Química de la sangre.**—**Numeración de las células sanguíneas y hemoglobina.**—Como se demuestra en la tabla, 24 animales expuestos

a 18.000 de presión por 4 horas diarias, tienen un aumento ligero del número de glóbulos blancos en las 2 primeras semanas de la exposición, y luego una ligera disminución. Los glóbulos rojos también aumentan por un período ligeramente, para volver después a hacer menor en número que lo normal. La hemoglobina y el índice de color de la sangre, declinan desde el primer día hasta el final del experimento, es decir, que en el día treinta y cinco, la hemoglobina es de 21%, y el índice colorimétrico 20% menor que los valores normales.

Las figuras 35 y 36 demuestran los resultados de experimentos similares en hombres expuestos a 12.000 pies de altura, por períodos de 4 y 7 horas diarias respectivamente. En ambos casos, los resultados son interesantes porque son contrarios a las nociones que antes se tenían como verdaderas al respecto. Fitzgerald, Mc. Farland, Haldane, Schneider y muchos otros han dicho que se encuentra aumento del número de glóbulos rojos y de la hemoglobina como resultado de los ascensos en avión, y esto se ha aceptado como cierto en todos los casos. Un estudio crítico de la literatura respectiva, mostrará, sin embargo, que la mayor parte de la bibliografía referente a esta cuestión, está basada en la idea de la analogía de lo que sucede con la residencia prolongada a grandes alturas, en las que se mezclan reacciones individuales atípicas y exposiciones anormalmente prolongadas en vuelos individuales.

Si se observa la figura 31 del capítulo 17 se verá que la interpretación del efecto de la anoxia sobre el número de glóbulos rojos y la hemoglobina de la sangre depende del tiempo en el cual se toman las muestras, lo que dará un aumento o una disminución, o ningún cambio. En la figura 35, por otro lado, es evidente que para las exposiciones de 4 horas diarias repetidas hay una disminución evidente al final del segundo día. Después de esta baja inicial, se produce un aumento y al final del experimento, ambos valores (hemoglobina y glóbulos rojos) vuelven a lo normal. En el grupo de 7 horas, el número de glóbulos rojos tuvo una disminución inicial mayor que en el grupo de 4 horas, y un recobro más rápido. El número de glóbulos rojos volvió a ser normal hacia el sexto día de la exposición, y desde ese punto hubo un leve aumento creciente. La hemoglobina mostró también una mejor respuesta en el grupo de 7 horas, permaneciendo aproximadamente normal durante todo el tiempo de los experimentos.

Este hallazgo fue interpretado como indicativo de la habilidad de la sangre a reaccionar favorablemente a la altura, lo que sería directamente proporcional a la constancia de la exposición, y de que las exposiciones de 7 horas diarias serían las menos capaces de producir una aclimatación positiva importante: las exposiciones de 4 horas diarias no producirán aclimatación y las de menos de 4 horas diarias probablemente producirían una aclimatación negativa o ningún cambio. Es muy significativo este resultado en cuanto a que indica que la casi universalmente aceptada teoría de que los pilotos se adaptan la altura después de muchas exposiciones, es errónea.

Hay que recordar que al discutir los síntomas subjetivos de los individuos expuestos durante 7 horas se hizo mención del hecho de que ellos aparecían no más fatigados que los del grupo de 4 horas diarias, y que el grupo de 7 horas tuvo síntomas parecidos a la enfermedad de las montañas.

Estas observaciones pueden ahora explicarse, al menos en parte, por la diferencia en el cuadro de la sangre de los 2 grupos. En el grupo de 7 horas la sangre mostró una mejor respuesta, y por consiguiente hubo una menor anoxia de los tejidos y consecuentemente, mientras la exposición fue más larga, la fatiga fue aproximadamente la misma; sin embargo, a pesar de esto, la respuesta de la sangre no fue suficiente para indicar que una verdadera aclimatación se había efectuado, y se desarrollaron síntomas de mal de las montañas agudo. El número de glóbulos blancos aumentó ligeramente en los primeros días de exposición a la altura, y luego volvió a su valor normal.

**El ojo.**—Schwischenberg, trabajando con Heim y conmigo, estudió los efectos de la exposición a 12,000 pies de altura con respecto al ojo. La agudeza visual y la esteriopsis no parecían afectarse, pero la profundidad de percepción parecía mejorar. Se pensó que lo anterior era más aparente que real y que podría explicarse sobre la base de que el experimento mismo era una prueba de aprendizaje. Una conclusión final dependerá de más observaciones al respecto.

Sin embargo en algunos de los sujetos hubo una disminución progresiva del área del campo visual, y de la zona de acomodación. Las medidas del desequilibrio muscular del campo externo del ojo, mostraban resultados variables; algunos individuos mostraron una mejoría, y en otros agravación marcada de un imbalance latente. El cambio más significativo ocurrió inmediatamente después de que las

exposiciones fueron terminadas, cuando todas las funciones del ojo mostraron una mejoría marcada y definida, algunos viendo aparentemente mejor que cuando los experimentos comenzaron.

#### CAMBIOS PSICOLOGICOS

Los sujetos expuestos repetidamente a 12.000 pies de altura no mostraron cambio significativo en su habilidad para pruebas psicológicas cortas de memoria inmediata o las que llevan consigo un alto grado de atención, seguridad y velocidad. Sin embargo, una observación detenida reveló un ligero pero definido cambio en los procesos psicológicos y en sus actividades de rutina. Se notó, por ejemplo, que durante los períodos de exposición, exhibían signos de pereza física y mental, alternando con períodos cortos de euforia e irritabilidad. Las reacciones se disminuían en general, y hubo una ligera pérdida de coordinación muscular. Hubo marcada pérdida de inclinación al esfuerzo mental, y físico y evidente somnolencia y deseo de reclinarse durante el día. Los esfuerzos relativos a la composición de manuscritos literarios, se mostraron con marcada anormalidad, en el deletreo, la forma de letra, la sintaxis y la construcción gramatical. La dificultad en la concentración mental y la retención pobre, se echaron de ver en los intentos para retener textos escritos.

#### TRATAMIENTO

El tratamiento profiláctico de la enfermedad crónica de las alturas consiste en mantener una fracción de oxígeno en el aire inspirado igual o mayor de la que se encuentra generalmente a 10.000 pies de altura.

El tratamiento activo de la enfermedad crónica de las alturas requiere que la causa se acabe suspendiendo temporalmente al individuo de los vuelos, o requiriendo el uso de oxígeno en todos por encima de 10.000 pies de altura. En casos leves, un completo reposo de 48 horas es suficiente para mejorar los síntomas, y después de 4 días prácticamente todas las alteraciones desaparecen. En muy severos casos, cuando la exposición ha sido a muy grandes alturas y por períodos prolongados de tiempo, un período correspondiente de reposo, no volviendo el piloto a volar, es suficiente. Este período de reposo requiere a veces 6 u 8 semanas. Teóricamente, la administración de corteza suprarrenal sería beneficiosa".

## COMENTARIO FINAL

Aun a esta altura de 4.000 metros, a la que se verificarán los más recientes experimentos, señores académicos, y no dando tiempo al organismo para una aclimatación completa, puesto que los individuos en observación se tenían en la cámara de altura en periodos de tiempo

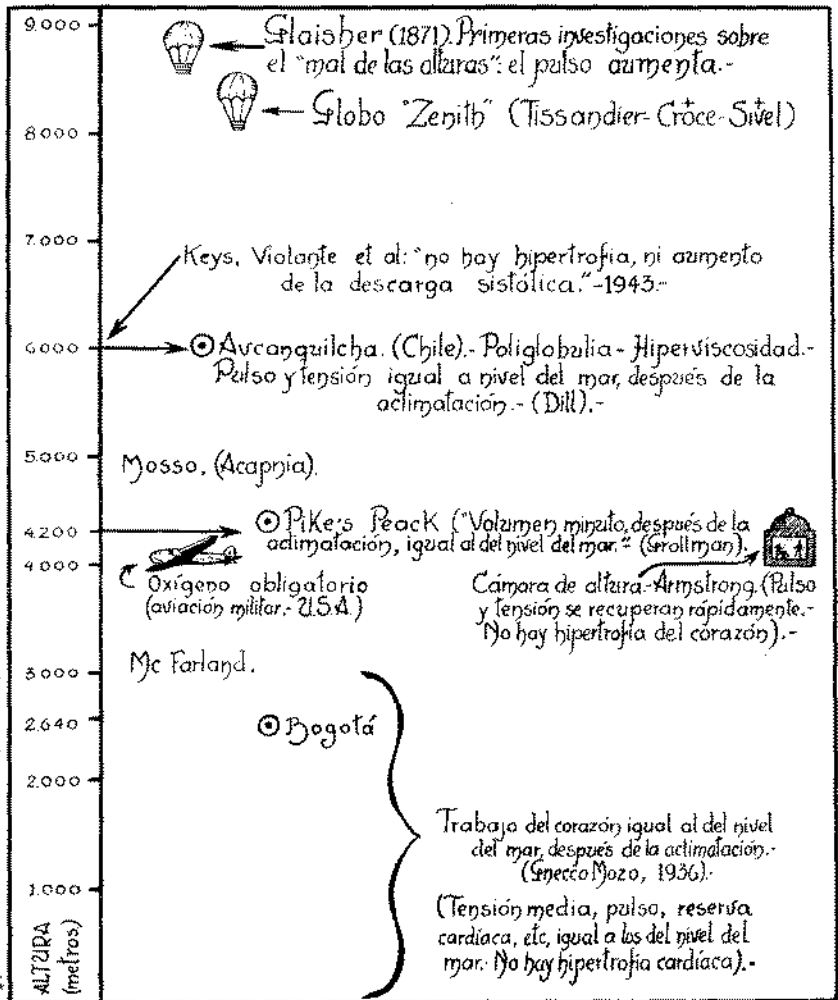


Figura N° 3

Cuadro de las principales investigaciones sobre "Trabajo del Corazón" y el mal de las alturas.

(El trabajo de Mac Farland, a 3.166 metros, fue publicado un año después que el de Gnecco Mozo—1937.)

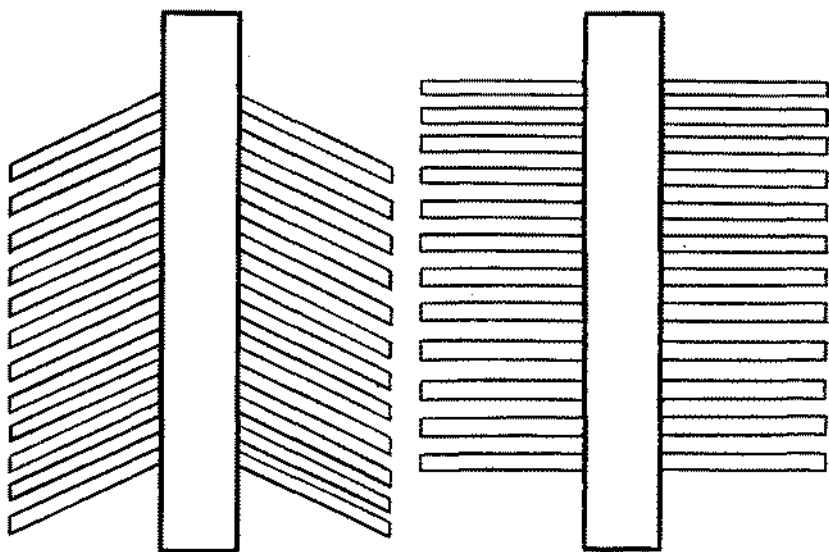


de 4 horas para un grupo, y de 7 horas para el otro solamente, no anotan los minuciosos investigadores norteamericanos datos ningunos que tiendan a probar un aumento del trabajo del corazón, una vez que ha comenzado el proceso de adaptación.

Según los datos de estos investigadores, podemos representar gráficamente la zona hasta la cual no se ha encontrado prueba de un mayor trabajo cardíaco por la altura (fig. 3). Uno de los más recientes e importantes trabajos que vienen a corroborar en buena parte mis puntos de vista, es el de Keys, Paul, etc., titulado "Reacciones en tamaño, descarga sistólica y eficiencia del corazón humano a la alteración súbita de la composición del aire inspirado" y publicado en el *Journ of Physiol* 1943. Según estos investigadores que someten a 27 individuos a presiones equivalentes a alturas de 6.000 y más metros, tanto que en muchos de ellos se producen síncope al final del experimento, no encuentran hipertrofia cardíaca, ni ningún signo de menor eficiencia en el trabajo del corazón, lo que atribuyen al aumento de circulación coronaria que según Wiggers (194) es la principal defensa del corazón contra la hipoxia aguda. Critican estos investigadores los métodos indirectos de medida del volumen minuto, pero los emplean sin encontrar variación en la descarga sistólica. Y concluyen: "Por consiguiente, no hay para qué salvaguardar especialmente el corazón en condiciones de hipoxia"...

Es muy natural pensar ahora, cuando los conocimientos modernos nos han aclarado un tanto estos fenómenos, que quienes han pretendido un aumento del trabajo del corazón para Bogotá, deben esta creencia a la confusión entre el mal de las alturas, fenómeno agudo y grave, y la vida en las alturas compatible con un funcionamiento orgánico normal. Y creo yo que la culpa de esta confusión la tienen en parte los tratadistas de Fisiología, que se limitan a decir, por ejemplo: en las alturas se aumenta el número de pulsaciones, se aumenta la tensión arterial, hay poliglobulia, etc., sin hacer distinción del nivel de tales alturas. Aun ahora, cuando los fisiólogos dedican una que otra página a la aclimatación, se observan ciertas confusiones que sería conveniente aclarar.

Uno de los más modernos tratados de Fisiología, el de Luis Aloise, publicado en 1942 en Buenos Aires, dice así al respecto: "**La aclimatación en las alturas**". Cuando un sujeto es transportado a ciertas alturas puede aclimatarse en ellas gradualmente por la aparición de "reacciones de adaptación" que le permiten aumentar la capacidad

Figura N<sup>o</sup> 4

Dibujo de Aloise para mostrar las costillas oblicuas del nivel de mar, y las horizontales de los indios cholos que viven a enormes alturas. (En Bogotá no hay deformación torácica por la altura.)

respiratoria para aprovechar el oxígeno que a débil tensión se encuentra en el medio exterior.

¿Cuáles son esas reacciones de adaptación que provoca el clima de altura? Ellas son: a) de orden anatómico, y b) de orden fisiológico.

a).—Reacciones de orden anatómico.—Los indios cholos tienen una forma y una capacidad torácicas sumamente importantes: las costillas están implantadas horizontalmente, y no oblicuamente como en los sujetos de la llanura. Para ilustrar esto, dibuja el autor este diagrama: (figura N<sup>o</sup> 4). Como el fisiólogo Aloise no dice a qué altura se produce esta deformación anatómica del tórax, no tiene nada de raro que mañana surja entre nosotros algún investigador que vaya a buscar la "horizontalidad de las costillas en Bogotá". Habría bastado decir: los indios cholos, que viven en tal altura, tienen esta deformación torácica. De todas maneras, es bueno anotar que en Bogotá no necesitamos ampliar la capacidad torácica, o por lo menos nadie lo ha demostrado, para aliviar el trabajo del corazón. En sus experiencias del monte Aucanvilcha en Chile, a 6.000 metros de altura sobre el nivel del mar, Dill sí encontró tórax muy amplios, talla pequeña y cuello corto como características fundamentales de este tipo de adap-

tación a una altura en que Journalet en sus tiempos habría negado la posibilidad de la vida humana.

Y siguiendo a Aloise:

b).—Reacciones de orden fisiológico.—Elas dependen de diversos procesos biológicos, tales como: a) "hipernea", es decir, a) una mayor ventilación pulmonar: los movimientos respiratorios se hacen más amplios y más frecuentes: (tampoco dice el autor a qué altura se hacen más frecuentes, y ya hemos visto anteriormente que sólo a alturas enormes se aumentan las respiraciones y que lo que se ve siempre hasta 4.000 metros de altura es un aumento de la profundidad respiratoria). Esta mayor frecuencia respiratoria produce una mayor renovación del aire alveolar para que el sujeto mantenga una tensión mayor de oxígeno en el aire alveolar mismo, y por consecuencia, mayor capacidad de fijación de oxígeno, pues al disminuir la tensión parcial del anhídrido carbónico se aumenta la tensión parcial del oxígeno en 10% sobre el valor que le correspondería sin esa ventilación.

"Como consecuencia de la disminución de la tensión parcial del anhídrido carbónico, el sujeto presenta disminución de la reserva alcalina. (Nadie ha probado tampoco que en Bogotá tengamos una reserva alcalina baja, y quien como yo trajina mucho con diabéticos, puede atreverse a decir que mi impresión general es la de que en Bogotá no sufrimos de acidosis crónica, aun cuando alguien pretendiera alguna vez que había hiperglicemia sanguínea crónica en esta altiplanicie).

"b).—Se observa poliglobulia, es decir, el aumento del número de hematíes por milímetro cúbico: este aumento es primero relativo o inmediato, llamado de "emergencia" y luego absoluto o real, llamado "de aclimatación". El aumento relativo es debido a una mayor concentración de la sangre por trasudación de plasma a través de los vasos capilares, por hipertensión arterial, resultando una disminución de la volemia por pérdida de agua hacia el interior.

(Según Aloise, el aumento de la tensión arterial en las alturas, sería indirectamente la causa de la poliglobulia, y de ello podría deducirse teóricamente, que al no haber como no hay en Bogotá aumento de la tensión arterial después de la aclimatación, no hay tampoco poliglobulia. Hace varios años aquella gloria de la bacteriología criolla, Jorge Martínez Santamaría, encontró una cifra media de 5.438.950

glóbulos rojos para la altura de Bogotá, cifra, que por lo demás no ha tenido confirmación. De otro lado, el profesor Calixto Torres Umaña, en su tesis de grado negaba la poliglobulia permanente en Bogotá. Los nuevos aparatos que, como el de Schilling garantizan mayor precisión para estos cálculos, están esperando una investigación en gran escala que permita obtener medias de suficiente crédito. De todas maneras, yo personalmente tengo la impresión, después de 12 años de ejercicio profesional en Bogotá, de que aquí no hay tal poliglobulia de las alturas en individuos aclimatados. Y quisiera obtener la respuesta de los clínicos de la Academia acerca de si no es cierto que una cifra de glóbulos rojos superior a 5.000.000 no es la que más frecuentemente se observa en los exámenes de las personas sanas, y que, en cambio, son sumamente comunes las veces en que el laboratorio nos envía cifras por debajo de 4.500.000. El doctor Pedro J. Almanzar, profesor de Bacteriología de nuestra Facultad, me ha asegurado que a veces, en personas recién llegadas a Bogotá se observa ligera poliglobulia, pero que en los residentes no la hay. Y él tiene gran autoridad para juzgar el problema. No quiero extenderme mucho en la consideración de este chico pleito, que interesa sólo indirectamente al trabajo del corazón en Bogotá, porque en caso de que se demostrara de una vez por todas que en esta altiplanicie hay poliglobulia, apenas se habría obtenido una nueva explicación del por qué de la función normal del corazón a esta altura.

Siguiendo a Aloise:

"El aumento absoluto es tardío: es debido al aumento de actividad de la médula ósea, pues los órganos hematopoyéticos son muy sensibles a la disminución de tensión del oxígeno; cuando esta disminución existe en la intimidad de los tejidos. Esta poliglobulia de las alturas puede ascender a 8 millones de hematíes por milímetro cúbico, al mismo tiempo que los reticulocitos aumentan del 10% al 20%. (No hay para qué observar que una cifra de 8 millones de hematíes en Bogotá por milímetro cúbico es francamente patológica).

"También se cree que el bazo, órgano que guarda a los hematíes, al elevarse, se contrae como una esponja debido a la contracción de las fibras musculares lisas de la cápsula que lo envuelve, arrojando los hematíes almacenados.

"b).—Al producirse la poliglobulia, la sangre aumenta la capacidad de hemoglobina, y ésta, al mismo tiempo adquiere mayor capacidad para fijar oxígeno que a la presión normal, fenómeno que hasta la fecha no ha sido bien explicado".

Tampoco estoy yo convencido de que exista una hiperhemoglo-

binemia en Bogotá. No se ha probado tampoco que haya en Bogotá modificación del poder hematocrítico de la sangre, disminución del metabolismo basal, etc., y por fortuna tampoco que los habitantes de esta ciudad seamos addisonianos.

Y si no encontramos ninguno de estos fenómenos que se producen en el mal de las alturas, o en alturas casi incompatibles con la vida humana, en el hombre aclimatado a la de los 2.640 metros en la zona tropical, ¿podríamos concluir acaso que estamos desadaptados? Al contrario, señores académicos; la conclusión que se impone es la de que la aclimatación del organismo a la altura de Bogotá es de las más fáciles que pueden obtenerse en las alturas, porque, lo repito, cuando el hombre no pone en juego sus mecanismos fisiológicos de defensa contra la influencia exterior, es porque no puede hacerlo o porque no lo necesita.

El organismo humano no es una máquina. Comparar el corazón a una simple bomba aspirante e impelente, o a un motor, ¡es olvidar las características de las cosas vivas! . . . Un simple motor se halla indefenso contra el medio exterior. Un pobre motor corriente se apagaría en la estratosfera.

Es verdad que hay motores que como los de los poderosos aviones modernos, pueden surcar la inmensidad vacía sin asfixiarse (mediante el aditamento del supercargador, que permite admitir mayor cantidad de aire por unidad de tiempo). Pero si en ello el avión apenas imita en parte los mecanismos de adaptación del corazón humano a la altura (incremento de la ventilación pulmonar), aún quedan problemas de aclimatación que los fisiólogos no han sido capaces de explicar. Y es que por más que el hombre lo intente, tratar de emular a Dios es imposible.

¿Qué laboratorio analítico y sintético puede compararse con la automática función del metabolismo orgánico? ¿Qué máquina de las inventadas por el hombre es capaz de curarse a sí misma las heridas, como sucede en el organismo vivo, en el maravilloso proceso de la cicatrización dérmica o peritoneal?

¿Y qué cámara fotográfica o cuál filmadora de cinematógrafo es capaz de adaptarse tan automática, perfecta e inconscientemente a la luz y a la distancia como el ojo humano?

Y este mecanismo de adaptación a la altura, que le permite al corazón humano en Bogotá trabajar lo mismo que a nivel del mar, y que guarda aún muchos arcanos para la limitada inteligencia humana, es también señores académicos, y con justa razón, íarquetipo y hechura de la mente de Dios!