

EL FONDO DEL OJO EN LA ALTURA

DANIEL ENRIQUE HARO

Conocido lo importante y lo singular de la Biología Andina y el indiscutible valor clínico del fondo del ojo, nos ha llevado a su estudio oftalmoscópico y su registro retinográfico en el sujeto aclimatado en las grandes alturas, habiendo hallado modificaciones de las que hemos hecho una pequeña investigación.

Los importantes estudios hechos por Monge y muchos otros investigadores, nos dicen que el hombre andino tiene características biológicas especiales que hacen que pertenezca a una variedad climatofisiológica de la raza humana (18); y en quien se sigue investigando muchos aspectos, puesto que, la condición hipóxica climática constante en la que vive y su perfecto equilibrio con su medio ambiente (12-22), le confieren caracteres propios y peculiaridades anatómicas y fisiológicas que lo diferencian del sujeto normal que vive a nivel del mar, al margen de toda consideración racial (12-13-15-16).

Para confirmar las múltiples modificaciones que hemos encontrado en el fondo del ojo en la altura, hemos realizado nuestra investigación, limitándonos únicamente al sujeto normal aclimatado en las grandes alturas, y hemos tratado, en lo posible, de deducir la fisiopatogenia de tales modificaciones, proponiéndonos realizar otras investigaciones similares en aquellos que sufren la agresión climática aguda al ascender a las grandes alturas, y en los desadaptados crónicamente con enfermedad de Monge.

MATERIAL Y METODOS

En nuestra investigación hemos analizado las características que presenta el fondo del ojo del individuo normal aclimatado en la altu-

* Del Servicio de Oftalmología del Hospital Arzobispo Loayza.

ra (15); llevándose a cabo este estudio en la localidad de Morococha, (Instituto de Biología Andina, Facultad de Medicina, Universidad de San Marcos) situada a 4,540 mts. sobre el nivel del mar (14,900 pies de altura), cuya presión barométrica media es de 446 mm. de Hg. por lo que la presión parcial de oxígeno en este lugar, está reducida casi a la mitad con respecto a la del nivel del mar (12).

Han sido examinados 50 sujetos adultos normales, de ambos sexos (39 hombres y 11 mujeres), de edad comprendida entre 19 y 50 años, unos nativos de Morococha (15 sujetos), y otros procedentes de diversos lugares (35 sujetos), pero que han permanecido largo tiempo (más de un año) sin descender a nivel del mar.

El examen para cada uno de los 50 sujetos, después de controlar su presión arterial, que en ninguno de los casos sobrepasó a los 130 mm. de Hg. para la presión máxima y 80 mm. de Hg. para la mínima, ha sido el siguiente: Agudeza visual, Anexos, Segmento anterior, y Tensión intraocular; para así tener un conocimiento oftalmológico adecuado de las personas examinadas.

Superada esta fase inicial hemos realizado, en un primer momento, el estudio del fondo del ojo por la oftalmoscopia directa, y en un segundo momento, las retinografías, utilizando la cámara retinográfica portátil de Noyori (21).

En nuestro estudio hemos hecho sistemáticamente el examen de la papila, de la arquitectura vascular, de la retina y especialmente de la región macular.

DESCRIPCION DEL FONDO DEL OJO EN LA ALTURA

Las modificaciones que hemos hallado en el fondo del ojo del sujeto aclimatado en la altura, presentan una gran variación de grado e intensidad, y están en razón directa al tiempo de permanencia en la altura; su aparición se realiza en función del reajuste de la retina ante la agresión climática que significa la hipoxia. Tales modificaciones suceden paralelamente a la adaptación de los demás órganos y tejidos, y a la aclimatación; y sobre su reversibilidad, al descender al nivel del mar, no se han hecho publicaciones (28).

1. *Estudio de la papila.* En la generalidad de los casos estudiados, hemos encontrado que las modificaciones papilares son discretas; la forma, el tamaño, la superficie y los bordes no sufren mayor modificación, pero sí hemos observado en la mayoría de los casos cambios en la coloración por congestión, a veces discreta y otras marcada, pre-

sentando en estos últimos, típica hiperemia papilar que le da un aspecto rojizo en los cuatro cuadrantes.

2. *Estudio de la Arquitectura Vascolar.* Las modificaciones de la arquitectura vascular son las más ostensibles e importantes en todos los individuos motivo de nuestro estudio y dan la característica peculiar del fondo del ojo del sujeto aclimatado en las grandes alturas (25-28).

Los vasos arteriales generalmente los hemos encontrado con calibre aumentado, tortuosos y con marcada ondulación, siendo en muchos tan marcada la tortuosidad que les da aspecto "en tirabuzón". El brillo dorsal arterial lo hemos encontrado aumentado tanto en las ramas principales como en sus ramas arteriolas.

Los vasos venosos los hemos encontrado muy dilatados, ingurgitados y tortuosos, el color de todo el sistema venoso es mucho más oscuro, comparado con el del sujeto normal a nivel del mar.

En general, la relación arteriovenosa está completamente modificada puesto que los dos sistemas tienen cambios en el calibre vascular, y su gran variabilidad de grado nos impide hacer un adecuado cálculo. En los individuos jóvenes hemos observado casi igualdad de calibre de las arterias y venas coincidiendo con anteriores estudios (28).

En muchos de los casos estudiados, a pesar de la ausencia de esclerosis vascular y la hipotensión arterial relativa que presentan, hemos observado cruces arteriovenosos acentuados, con la característica de que en el punto de entrecruzamiento la arteria pierde su transparencia y la vena hace ligera ondulación.

Los vasos capilares, de cuyo estado podemos tener una idea apreciando la coloración rojiza de la papila y el aspecto hiperémico de la mácula con gran vascularización perimacular, suponemos que se encuentren muy dilatados. No podemos afirmar la existencia de neovascularización en el fondo del ojo por carecer de estudios anatomopatológicos, pero, generalizando al plano retineal los hallazgos en otros órganos de sujetos aclimatados a las grandes alturas (6), podemos suponer que la gran vascularización sea debida a dilatación de los pequeños vasos pre-existentes.

3. *Estudio de la Retina.* En los sujetos estudiados hemos observado que el aspecto general de la retina es muy brillante, con un brillo especial en "moiré" (2); en todos ellos la retina es de color más oscuro y se le observa con hiperemia de grado variable y en algunos casos presenta coloración azulada.

4. *Estudio de la Mácúla.* En la generalidad de los sujetos estudiados hemos observado a la mácula con características peculiares: Coloración bruna oscura, aspecto de halo o discoides, reflejos circunmacular y foveal aumentados de intensidad, y, principalmente, notoria vascularización perimacular que hace que su aspecto sea muy característico.

Cuadro N° 1. Hallazgos Oftalmoscópicos en los 50 casos examinados en Morococha

Modificaciones en el Fondo del Ojo	Número de Casos
I. PAPILA:	
Ligera Hiperemia	30
Marcada Hiperemia	16
Sin modificaciones	4
II. ARQUITECTURA VASCULAR:	
Ingurgitación Venosa	50
Aumento de calibre y brillo arterial	42
Tortuosidad Vascular acentuada	38
Cruces Arteriovenosos marcados	11
III. RETINA:	
Brillante y oscura	48
Ligera Hiperemia	32
Marcada Hiperemia	16
IV. MACULA:	
Color bruno oscuro y aspecto discoide o anular ..	39
Reflejos Circunmacular y Foveal aumentados ..	43
Marcada Vascularización Perimacular	40
Sin modificaciones	6

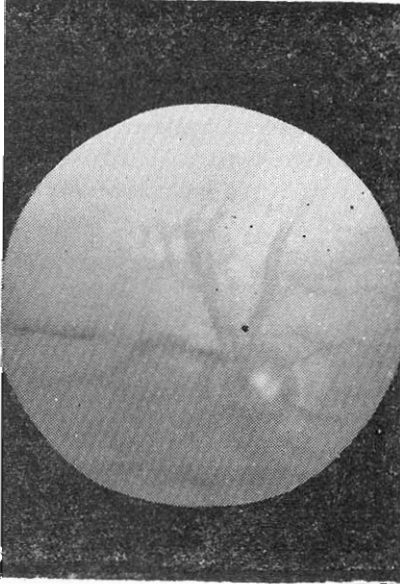


Fig. 1. Marcada hiperemia de papila, gran ingurgitación venosa, aumento de calibre y brillo arterial, Cruces a/v marcados, Retina oscura e hiperémica.

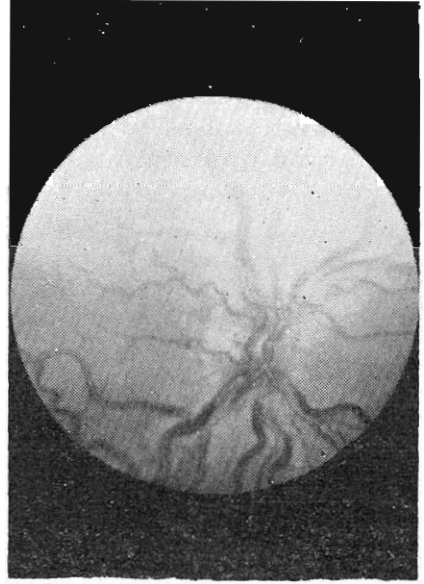


Fig. 2. Gran dilatación y tortuosidad de vasos arteriales y venosos, imágenes en tirabuzón.

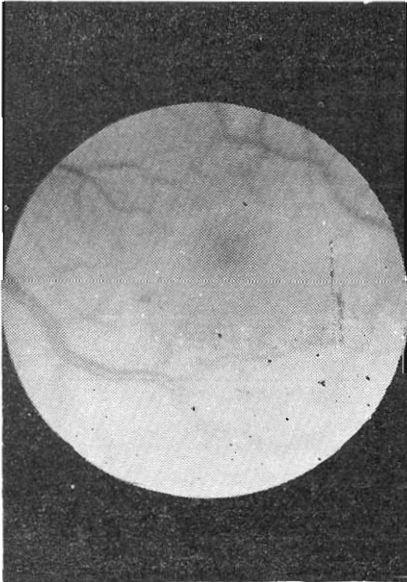


Fig. 3. Marcada vasodilatación, Mácula anular con acentuada vascularización perimacular.

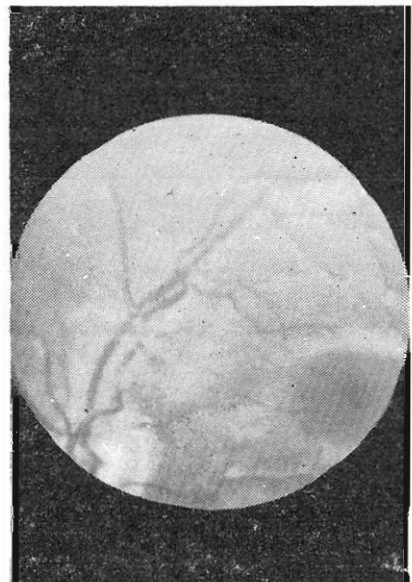


Fig. 4. Retina brillante y oscura, Mácula de color bruno oscuro y aspecto discoide, notoria vascularización perimacular.

DISCUSION

Considerando a la hipoxia como la característica climática más importante de la altura, y la responsable de los cambios que suceden en el organismo (15) para adaptarse a este ambiente con menor presión de oxígeno, con la consiguiente dificultad para su adquisición a nivel pulmonar y su deficiente suministro a los tejidos (13-17), hace que se pongan en juego mecanismos compensadores para conseguir el equilibrio entre el medio interno (organismo) y el medio externo (ambiente), que llevan a la aclimatación (12-18).

Estos fenómenos compensatorios de la hipoxia, aparte de los cambios cardio-respiratorios, son principalmente de orden hematológico Hipervolemia, por la policitemia, aumento de la cifra de Hb, etc. y vasodilatación de capilares, arteriolas y venas en todos los órganos, demostrada en estudios anatomopatológicos. Estos fenómenos dan como lógica consecuencia un aumento de la capacidad de oxigenación y de la superficie de difusión de la sangre (6-12-17).

Aplicando estas aseveraciones al plano retineal, para comprender las modificaciones del fondo del ojo, se puede deducir que son debidas a dilatación y congestión vascular explicable por la necesidad de un mayor aporte sanguíneo para nutrir al tejido nervioso de la retina que es tan sensible a la anoxia.

Analizando las modificaciones fundoscópicas ya descritas, se puede deducir, en primer lugar, que la hiperemia de la papila que le da el aspecto congestivo, se debe a que los vasos de pequeño calibre y los capilares, que al estado normal son oftalmoscópicamente invisibles, se ingurgitan comunicándole la coloración rojiza (19-22).

En lo que respecta a la arquitectura vascular, podemos deducir que el aumento del calibre arterial y su tortuosidad, se debe a la vasodilatación marcada que se ha encontrado en todos los órganos y tejidos del hombre de altura (6), y que fácilmente se observa en el fondo del ojo. El brillo dorsal arterial aumentado se debe a que la columna sanguínea que pasa a través de ellos aumenta en la altura, y, además, por la policitemia que aumenta la densidad de la sangre (13-24-26). La gran dilatación y tortuosidad de las venas retineanas se explica por la congestión e ingurgitación semejante a lo que sucede en otros órganos; su color oscuro está en relación al aumento de la cifra de Hemoglobina reducida y a la policitemia (8-28). La tortuosidad vascular se debería a la disminución de la elasticidad de sus paredes por reducción de la tonicidad de las fibras musculares: Longitudinales, cau-

sando la elongación y sinuosidad y Circulares, causando la dilatación propiamente tal (29). Este fenómeno sería debido a que los vasos tienen que soportar mayor volumen de sangre.

Respecto a la gran vascularización retineana, no estamos en condiciones de afirmar la existencia de neovascularización, pero si aplicamos a la retina los hallazgos anatomopatológicos de otros órganos, podemos suponer que este aspecto sería debido simplemente al aumento del calibre de los pequeños vasos existentes, que a nivel del mar no son visibles y que por la dilatación se hacen notorios sobre todo en la región perimacular (25). Sin embargo, hay que tener en cuenta que en experimentos hechos en conejos sometidos a grandes alturas simuladas mediante cámaras de baja presión de oxígeno se concluyó que los cambios vasculares del fondo del ojo no sólo se debían a dilatación sino en parte eran causados por hipertrofia genuina y/o neoformación de vasos (11).

Además, de acuerdo con los estudios realizados sobre vascularización retineana, filogenética y embriológicamente los vasos sanguíneos se desarrollan en respuesta a las necesidades metabólicas de la célula. Las células hipóxicas elaboran estímulos vasoformativos y en respuesta a ellos se desarrollan nuevos vasos a partir de los capilares regionales en un esfuerzo para tratar de mejorar la circulación y con ello, su nutrición (30).

Por estudios en animales de experimentación, se sabe que para que haya neovascularización, es necesario un grado de hipoxia marcado y una falta total de circulación, ya que se ha demostrado en la retina en desarrollo que el factor vasoformativo está en relación a la tensión de oxígeno en sangre (4-5). Pero sometiendo a animales recién nacidos a ambientes de baja concentración de oxígeno por largos períodos de tiempo, no se produjo vasoproliferación anormal de los vasos retinianos, a pesar de haberse alcanzado el grado necesario de hipoxia en el tejido porque la eficiencia circulatoria hizo que este factor vasoformativo se drenara rápidamente fallando su acumulación y su acción formadora de neovasos (4). En general, la neovascularización en la retina ya desarrollada, es rara y lo que se interpreta como tal, es la dilatación de los capilares existentes y la recanalización de los vasos ocluidos (4).

Teniendo en cuenta estos estudios, pensamos que esto mismo sucedería en la altura, en donde existe la hipoxia pero se compensa mediante una buena circulación, y, por consiguiente, no actúa el factor formador de neovasos.

Los cruces arteriovenosos acentuados que hemos observado en muchos de nuestros casos, en ausencia de esclerosis e hipertensión arterial, se explicarían teniendo en cuenta que en el punto de entrecruzamiento la adventicia de ambos vasos forma una cubierta común que los une íntimamente (1-10), si a esta condición se añade la dilatación de ambos vasos en la altura y el mayor volumen sanguíneo que pasa a través de ellos y teniendo la arteria mayor rigidez y mayor presión, necesariamente comprime a la vena produciéndose estos cruces observados. Además, parece que la presión de la arteria central de la retina está aumentada en la altura, factor que influiría en este fenómeno (7).

Basándonos en estudios microscópicos realizados en otros órganos, nosotros creemos que en la retina los vasos no sufren alteración en sus paredes y que el aspecto que presentan se debe solamente a congestión y dilatación que tiene por objeto aumentar el flujo de sangre a través de la retina, evidenciando una reacción vascular compensatoria para el más eficiente suministro de oxígeno (9).

Recientemente, en estudios anatomopatológicos hechos en el sistema arterial pulmonar del hombre de las grandes alturas, se ha observado hipertrofia de la túnica media de las ramas terminales de la arteria pulmonar (3) pero siendo este sistema diferente al sistema vascular de la retina, no se puede afirmar que tal cosa suceda a este nivel.

Respecto al campo retineano propiamente dicho, podemos deducir que el aumento de su brillo y su color se debería a la hiperemia por congestión de los vasos coroideos y retineanos. Esta hiperemia de la retina de los hombres que viven en las grandes alturas se podría catalogar como mixta o sea una mezcla de hiperemia activa y pasiva, puesto que los dos sistemas: Arterial y venoso sufren modificaciones, y, además, entran en juego factores hematológicos que influyen en los cambios del aspecto y coloración de la retina (8-23).

Por último, el aspecto de la mácula con coloración bruno oscura, que le da forma anular o disciforme, los reflejos circunmacular y foveal más acentuados, se deberían a la hiperemia coroidea, ya que en esa región, como se sabe, la retina es avascular y más delgada; y lo más importante es la notoria vascularización perimacular que se debería a la dilatación de los pequeños vasos de la región y que le da el aspecto característico.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

El autor estudia las características del fondo del ojo en 50 sujetos aclimatados a 4,540 mts. sobre el nivel del mar, habiéndose encontrado cambios oftalmoscópicos notorios.

Las modificaciones del fondo del ojo que dan la característica peculiar en los hombres aclimatados a las grandes alturas son principalmente de origen vascular: Hiperemia papilar, dilatación y tortuosidad vascular, gran ingurgitación venosa, retina oscura hiperémica y brillante, mácula con aspecto discoide, oscura y con reflejos aumentados y gran vascularización perimacular. Estos cambios se deben a la condición hipóxica climática constante en la que viven y se realizan en función del aumento de la capacidad de oxigenación y de la superficie de difusión de la sangre para mejorar la nutrición de la retina; interviniendo factores hematológicos como la hipervolemia, policitemia y aumento de la cifra de Hb. reducida y la vasodilatación, ya demostrada en otros órganos.

La gran variabilidad de las modificaciones fundoscópicas hace difícil la determinación del tiempo requerido para su aparición en los sujetos que ascienden del llano, y su reversibilidad, en aquellos que descienden y permanecen a nivel del mar, no ha sido probada.

BIBLIOGRAFIA

1. Adler, F. Textbook of Ophthalmology. W. M. Saunders. 7 th Ed. Philadelphia-London. 1962.
2. Arce, A. El Fondo de Ojo en las Grandes Alturas. Com. Soc. Per. Oft. Lima. 1964 (Inédito).
3. Arias Stella, J. & Saldaña, M. The Terminal Portion of the Pulmonary Arterial Tree in People Native to High Altitude. Circulation, Vol XXVIII N° 5: 915-925, 1963.
4. Ashton, N. Retinal Vascularization in Health and Disease. Amer. J. Ophth. 44. 4 Part II: 7-17, 1957.
5. Ashton, N. Neovascularization in Ocular Disease. Trans. Ophth. Soc. United Kingdom. LXXXI: 145-161, London, 1961.
6. Campos Rey de Castro, J. e Iglesias, B. Observaciones Anatomopatológicas en 49 personas normales, nativas y residentes en la altura, muertas en accidente. Rev. Latinameric. Anat. Pat. Vol. I N° 2: 109-130, 1957.
7. Carbone, O. Variaciones de la presión de la arteria central de la retina en la altura (comunicación personal).
8. Carter, E. Diagnosis of Polycythemia from the anamnesis and external eye symptoms. Amer. J. Ophth. 34. 10: 1445-1446, 1951.

9. Cusick, P., Benson, O. & Boothby, M. Effect of anoxia and high concentrations of oxygen on the retinal vessels. *Proc. Staff. Mayo Clin.* 15. 31: 500-502, 1940.
10. Duke Elder, S. *Textbook of Ophthalmology*. Vol III, The Morsby Co. London. 1945.
11. Huerkamp, B. & Opitz, E. Dei Blutgefasse des Augenhuntergrundes bei Höhengangepassten Kaninchen. "The blood vessels of the fundus in rabbits adapted to high altitude" *Arch. Ges. Physiol.* 252.2 129-144 (De excerpt. *Med. Opht:* 1348, 1951).
12. Hurtado, A. Aspectos Patológicos de la Vida en las Grandes Alturas. (Ver. Cast. Orig.) *Armed Forces Inst. Path. W. Reed. A. M. C.* 1955. (De *An. Fac. Med.* XXXIX. 3. II: 957-976, 1956).
13. Hurtado, A. El Hombre en las Grandes Alturas Habitadas. *An. Fac. Med.* XXXVIII. 1: 9-16, Lima, 1955.
14. Lyle, W. *Fisiología Aplicada del Ojo*. Trad. Esp. Gil de Rio. Ed. Torray. 1951.
15. Monge, C. Hombre, Clima y Cambios de Altitud. *An. Fac. Med.* XXXVII. 3: 459-485, Lima, 1954.
16. Monge, C. El Mal de Montaña Crónico en América. *An. Fac. Med.* XXXVI. 4: 544-562, Lima. 1953.
17. Monge, C. & San Martín, M. Fisiopatología de la Aclimatación a la altura. *An. Fac. Med.* XXXIX. 3: 977-984, Lima. 1956.
18. Monge, C., Contreras, L., Velásquez, T., Reynafarje, C., Monge, C. C. & Chávez, R. Adaptaciones de los Habitantes del Trópico en relación a los cambios de Altitud. *Inst. Bio. Andina. An. Fac. Med.* XXXI 4: 431-452, Lima. 1948.
19. Nano, H. *Fundus Oculi. Patología Vasculoretiniana*. Buenos Aires. 1953.
20. Nicholls, J. On the Character and Management of Circulatory Disturbances of the Central Retina. *Amer. J. Opht.* 35: 12: 1753-5, 1952.
21. Noyori, S. Hand Fundus Camara. *Amer. J. Opht.* 42. 4. I: 639-642, 1959.
22. Rodríguez Hoffman, H. *Oftalmoscopía Clínica*. Tesis Dr. Pont. Univ. Cat. Jav. Colombia, 1955.
23. Rodríguez Barrios, R. & Massera, M. *Fondo de ojo*. Ed. Intermédica. Buenos Aires. Montevideo. 1959.
24. Rotta, A. La Circulación en las Grandes Alturas. Tesis Dr. Univ. Nac. May. San Marcos. *Fac. Med.* Lima, 1938.
25. Schenone, L. Estudio Retinográfico del habitante oriundo de las grandes alturas. *Com. Ier. Cong. Med. Círg. Seguridad Social. Hosp. Obrer.* Lima, 1965 (inédito).
26. Sodeman, W. *Pathologic Physiology*. Saunders Co. 3 th. Ed. U. S. A. 1961.
27. Torres H. La Presión arterial en hombres a nivel del mar y en las altiplanicies andinas. *An. Fac. Med.* XX. 2: 403. 1937.
28. Valdeavellano, J. Aspectos oftalmológicos del habitante de la altura. *Com. III Cong. Panam. Oft.* La Habana, 1948. Imp. Torres Aguirre S. A. Lima, 1948.

29. Weinstein, P. The Problem of Tortuositas Vasorum Retinae. Amer. J. Opht. 34.5. 1: 721-723, 1951.
30. Wise, G. Factors Influencing Retinal New vessels formation. Amer. J. Opht. 52. 5. Part I. 637-650, 1961.

Mi agradecimiento a los Drs. Jorge Valdeavellano, Enrique Haro, Alfonso Arce, Angel Carbone y Antonio Vásquez por su ayuda en la realización de este trabajo.