

TRATAMIENTOS CONDUCTUALES DE LA MIOPIA: "DISCRIMINACION BORROSA" VERSUS "CAMBIOS ESTRUCTURALES EN EL OJO"

José Santacreu Mas y José Antonio Isabel Carrobles

*Facultad de Psicología
Universidad Autónoma de Madrid*

RESUMEN

En nuestro estudio se revisan los distintos trabajos sobre la estructura y funcionamiento del ojo y de manera especial, la referida a la miopía y su tratamiento. Los datos disponibles sobre el tratamiento del error refractivo del ojo, muestran la posibilidad de modificar la capacidad de acomodación del cristalino. Como conclusión planteamos las dos hipótesis explicativas posibles de los resultados obtenidos: cambios en los distintos dioptrios del ojo, o cambios en la capacidad de discriminación del mismo, señalándose finalmente, la necesidad de una nueva clasificación de la miopía.

ABSTRACT

A conscious survey previous works and references concerning eye's functioning and structure have been accomplished in our study, stressing myopia and its treatment. Data obtained from treatment of the eye's refractive error show the likelihood of modifying the capacity

of lens accommodation. Two possible hypothesis are specified to explain the observed results: Changes in the different eye's dioptrics and changes in the discrimination capacity of the subject. The need of a new classification of myopia is postulated out.

ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DEL OJO

Es bien conocido que el ojo funciona de forma parecida a una cámara fotográfica. En ambos casos la luz penetra por la parte anterior, atraviesa una lente y forma en el fondo de la cámara (película o retina) una imagen invertida.

El globo ocular es casi esférico, su eje axial mide alrededor de 24.5 mm. La esclerótica es la capa más exterior del ojo, la parte no transparente (blanco del ojo), está unida a otra capa transparente, la córnea, por donde entra la luz. La córnea delimita, junto con el iris, la cámara anterior; esta cámara aparece como un casquete esférico de radio menor al de la esfera del ojo, pegado a éste. El globo ocular mantiene su forma esférica gracias a la presión de dos sustancias transparentes que llenan la cámara anterior y posterior: el humor acuoso y el humor vítreo (fig. 1).

La luz se refracta, se desvía, al atravesar los distintos medios. La refracción de la luz depende fundamentalmente de la densidad de los materiales que atraviese y del ángulo de incidencia. En el caso de las lentes, el poder refractivo de las mismas se dice que viene fundamentalmente determinado por el radio de curvatura y la densidad del medio.

En el ojo, la luz atraviesa la córnea y la cámara anterior, que funcionan como un primer dioptrio, que refractan en mayor o menor medida la luz dependiendo fundamentalmente del radio de curvatura de la córnea. Esta lente fija (la córnea) tiene un poder de refracción aproximado de 43 dioptrías y un radio aproximado de 7.80 mm.

El iris funciona como el diafragma de una cámara, que controla el paso de la luz hacia la retina, modificando el tamaño de la pupila. Esta es su función principal, de manera que cuando hay una sobreexcitación luminosa se reduce automáticamente el tamaño de la pupila. Como ocurre con la cámara fotográfica, la visión con un reducido tamaño pupilar logra una definición de la imagen mucho mayor.

Posteriormente, la luz atraviesa el cristalino, una lente biconvexa, y se refracta formando en la retina una imagen invertida. Los cambios bioeléctricos producidos en la retina son recogidos por el nervio óptico y conducidos hasta la corteza cerebral, donde se descifra la imagen. En este proceso, el cristalino tiene la particularidad, en comparación con la lente de una cámara fotográfica, de cambiar su poder refractivo, modificando su grosor, en función de lo distantes que se encuentren los objetos que se tengan que enfocar; mientras que en el caso de la cámara fotográfica, la lente se desplaza simplemente a través del tubo óptico (objetivo). De este modo, se dice que acomodamos cuando para poder ver de cerca aumentamos el poder refractivo del cristalino (es decir, el cristalino aumenta su grosor) disminuyendo los radios de curvatura anterior y posterior del mismo y, consecuentemente, enfocamos el objeto formando una imagen nítida del mismo en la retina. Todo este proceso está regulado por el funcionamiento del músculo ciliar. Este músculo permite, al contraerse, disminuir la tensión de los ligamentos que sostienen el cristalino, permitiendo finalmente el abombamiento de éste. Por el contrario, la relajación de los músculos ciliares, hace que los ligamentos tiren del cristalino y que éste se aplane (véase figuras 2 y 3).

Cuando miramos una imagen lejana, los rayos de luz llegan al ojo de forma paralela. Entonces, si el cristalino está aplanado el poder de convergencia del mismo en ese momento es el apropiado para formar la imagen enfocada en la retina. Si para esa misma curvatura de la lente del cristalino entraran rayos divergentes (de objetos situados a corta distancia) y el cristalino no pudiera acomodarse, se formaría entonces la imagen detrás de la retina (fig. 3). Por el contrario, si al ojo llegaran rayos paralelos (de objetos lejanos) y el cristalino se encontrara acomodado (curvado) y no pudiera aplanarse, entonces, la imagen se formaría antes de la retina y estaría, por tanto, desenfocada.

El poder de convergencia del ojo está relacionado, finalmente, con las dimensiones del eje axial del globo ocular. Así, por ejemplo, cuando el cristalino está aplanado podríamos ver objetos cercanos si el ojo estuviese lo suficientemente elongado. El símil de la cámara fotográfica es muy apropiado en este caso ya que la cámara enfoca modificando la distancia entre la lente (cristalino) y la película (retina), situada al fondo de la cámara.

LA MIOPIA: DEFINICION, TIPOS Y ETIOLOGIA

La miopía es un trastorno visual en el que un individuo es incapaz de discriminar con claridad objetos lejanos. El problema es debido, fundamentalmente, a que el poder refractivo del ojo en relación con la longitud de su eje axial es excesivo para producir una imagen nítida en la retina. El ojo miope produce, en realidad, dos imágenes: una imagen nítida antes de la retina, en el punto focal, y otra en la retina, lo que produce, en consecuencia, que se forme una imagen borrosa.

Las explicaciones etiológicas de la miopía, desde un punto de vista óptico, intentan determinar por qué no coinciden el punto focal y la retina en un determinado ojo. Por su parte, la miopía en sí y su grado de severidad, dependen básicamente de dos condiciones:

1.- El ojo está alargado y la distancia córnea-retina es mayor de lo normal. La longitud normal media del eje axial está estimada en torno a los 24.5 mm., aunque puede oscilar en ± 1 mm. en ojos emétopes o normales. En los casos en que el ojo está alargado se habla entonces de miopía axial (véase fig. 4).

2.- El sistema refractivo del ojo (córnea, humor acuoso, cristalino y humor vítreo) es demasiado potente y produce excesiva convergencia en cualquier condición de enfoque (objetos cercanos o lejanos). Hablamos entonces de una miopía refractiva. Este tipo de miopía, la más frecuente de las existentes, también es llamada "funcional", aludiendo, precisamente, al mal funcionamiento de alguno de los elementos refractivos del ojo, postulado como causa de la miopía.

Es difícil valorar el poder refractivo de cada uno de los elementos dióptricos del ojo por separado, aunque es conocido que el ojo humano tiene un poder refractivo total de 60 dioptrías. En general, se considera que la córnea y el cristalino y sus correspondientes radios de curvatura explican la mayor parte de la varianza en cuanto a poder de convergencia de los rayos de luz. El poder de convergencia de la córnea se considera fijo dada la rigidez corneal, aunque algunos autores mantienen que la tensión de los músculos parpebrales modifica la curvatura de la córnea produciendo astigmatismo.

El poder refractivo de los distintos elementos del ojo se ha establecido a través de rayos infrarrojos, pero debido a sus dificultades

de medición no se tienen datos estadísticos fiables del poder refractivo del cristalino de manera objetiva. La principal dificultad en este sentido estriba en que requiere, paralelamente, aumentar el diámetro pupilar.

Además, el cristalino es una lente de poder de convergencia variable, lo que hace que en la situación de medición no siempre sea fácil controlar su nivel de acomodación. Este se suele controlar, precisamente, haciendo que el sujeto enfoque con el ojo no evaluado cerca o lejos. Sin embargo, resulta más sencillo calcular la amplitud acomodativa del cristalino colocando lentes delante del ojo y evaluando la posibilidad de enfocar del sujeto en cada caso (véase fig. 4).

Como se sabe muy bien, la corrección de la miopía se lleva a cabo de una manera relativamente sencilla y económica, colocando lentes cóncavas que restan convergencia al ojo miope, ya que estas lentes producen rayos divergentes. Este hecho ha propiciado el que no se estudiaran desde el punto de vista óptico los distintos tipos de miopes, evaluando correctamente los distintos dioptrios del ojo, así como las dimensiones exactas del mismo, lo que nos habría permitido obtener datos sobre la frecuencia de la miopía debido a la curvatura corneal (refracción corneal excesiva) a la elongación del ojo (miopía axial) al especial poder refractivo del cristalino, y a la especial dificultad en la relajación del cristalino (poca amplitud de acomodación) (Gil del Río, 1984; tablas 1 y 2).

En cuanto a la etiología en sí del problema miope hemos de señalar los siguientes datos relevantes relacionados con varios aspectos del problema. En primer lugar, es preciso llamar la atención sobre el hecho de que la miopía constituye el defecto visual de mayor frecuencia de todos los existentes, afectando a un mayor número de sujetos del llamado mundo occidental: entre un 30 y un 40 por ciento de la población total. Kelley (1962), Michaels (1975), Angle y Wissman (1980) informan que la severidad de la miopía está relacionada con el nivel educacional, el grado de urbanización y el estatus económico. Particularmente, la miopía se ha relacionado con el trabajo a corta distancia, situación que exige al cristalino el permanecer acomodado de forma continuada. Efectivamente, una persona de nuestra cultura que viva en una ciudad tiene muy poca necesidad de enfocar objetos que estén más allá de 5 metros de distancia, permaneciendo en una casa o en una oficina más de diez horas diarias de las cuales mira a menos de cuarenta centímetros hasta siete horas diarias.

TABLA 1.- ALGUNOS DATOS DE LAS MEDIDAS FISICAS DEL OJO

AUTOR	PROCEDI- MIENTO	EJE AXIAL	CAMARA ANTERIOR	CAMARA POSTERIOR	GROSOR CRISTA- LINO
RUSHTON, 1938	Rx	24 ± 1.1			
STENSTROM, 1946	Rx	24			
RAEDER, 1922			3.37 ± 0.6		3.9 a 4.8
GIL DEL RIO, 1984	Ecografía	24.2	3.3	16.3	4.6

Por otro lado, también se observa como paralelamente al aumento de la escolarización, el número de niños que necesita gafas va aumentando. Para explicar este hecho, sin embargo, se manejan dos hipótesis diferentes.

La primera, ya apuntada con anterioridad, señala que el mayor trabajo a corta distancia lleva a un aumento de la convergencia del cristalino y, en consecuencia, a una mayor incapacidad para aplanar el mismo. Esta hipótesis sugiere, por lo que respecta a los niños, que el elevado nivel de miopía en la actualidad podría estar relacionado con el mayor índice de escolarización, junto a que esta escolarización se produzca cada vez a una más temprana edad (Sato, 1957).

La otra hipótesis, contraria a ésta, señala que el mayor nivel educativo y económico del mundo en los últimos años ha permitido, simplemente, una mayor facilidad de evaluación de los problemas visuales y, en consecuencia, el que un mayor número de casos de miopía hayan podido ser detectados.

TABLA 2.- PODER REFRACTIVO DEL OJO Y SUS DISTINTOS COMPONENTES

	CORNEA	CRISTALINO		HUMOR ACUOSO	HUMOR VITREO	OJO COMPLETO	
		ACOMO-DADO	NO ACO-MODADO			ACOMO-DADO	NO ACO-MODADO
GULLSTRAND							
Indice de refracción	1.376	1.426	1.408	1.33	1.33		
Radio cara anterior	7.7	5.33	10				
Radio cara posterior	6.8	-5.33	-6				
Valor dióptico	43.05	33.06	19.63				
TOTAL						70.57	58.63
LE GRAND							
Indice de refracción	1.37	1.42	1.42	1.33	1.33		
Radio cara anterior	7.8	6	10.2				
Radio cara posterior	6.5	-5.5	-6				
Valor dióptico	42.35	37.0	21.78			67.67	59.9
TOTAL							

Aunque es conocido el reducido poder de los estudios correlacionales al ser utilizados para intentar explicar la etiología de los distintos trastornos, los trabajos antes mencionados han provocado cierto revuelo en el mundo científico, suscitándose como explicación complementaria a esta segunda hipótesis, el que la corrección mediante lentes de la miopía, y sobre todo la hipercorrección, podrían conllevar un mayor nivel de miopía en la población general, en las sucesivas evaluaciones del problema.

Hiper corregir a un sujeto miope no es demasiado inusual puesto que si colocamos, por ejemplo, delante del ojo una lente cóncava de 0.25 dioptrías más de las necesarias, el sujeto no tiene más que acomodar un poco el cristalino para ver los optotipos u objetos con igual precisión o nitidez como si estuviera correctamente corregido. Consecuentemente, cuando un sujeto está hiper corregido no tiene nunca necesidad de relajar al máximo el cristalino, lo que le llevará a perder lentamente esta capacidad. Este hecho se complementa con los datos aportados por la hipótesis del excesivo trabajo a corta distancia. El fenómeno puede fácilmente constatarlo cualquier miope que al quitarse las gafas no ve apenas y que lentamente va recuperando la visión en el curso de media hora. Este dato tiene, por otro lado, su importancia en la evaluación de la miopía, ya que un sujeto que utilice habitualmente las gafas mostrará distinto error refractivo si es evaluado inmediatamente después de haberse quitado las gafas o si lo es después de llevar un tiempo de media hora o más sin ellas.

Otra hipótesis relacionada con esta señala que en el curso del crecimiento se producen cambios en el globo ocular (cambios refractivos y de tamaño) que pueden acarrear pérdidas de agudeza visual temporal y que en el caso de que fuera corregida, llevaría, igualmente, a la hiper corrección posterior y a mayor miopía. Es evidente que son muchos los cambios que se pueden producir en el ojo que podrían explicar el aumento de la miopía en un determinado sujeto, pero las hipótesis comentadas se encuentran entre las más frecuentemente esgrimidas desde la teoría de la miopía como trastorno aprendido.

Por otro lado, existen estudios experimentales que prueban que el trabajo prolongado a corta distancia aumenta igualmente la miopía. Así por ejemplo el trabajo de Young (1961) muestra como es posible producir miopía experimental en monos reduciendo mediante una visera el campo visual del animal a larga distancia. Rose, Yinon y Belkin

(1974) obtuvieron similares resultados con gatos, y Wallman, Turkel y Trachtman (1978) con polluelos.

Los trabajos del grupo de Young sobre el tema son especialmente interesantes y en particular el de Young et al. (1970) sobre el desarrollo de la miopía en varias generaciones de esquimales de Alaska, conforme la escolarización y el trabajo a corta distancia fue incrementándose en ellos. En este caso, la necesidad del trabajo a corta distancia se había introducido hacia varias décadas como efecto del cambio de estilo de vida surgido de la colonización americana, y la generación más joven ya presentaba el mismo nivel de incidencia de la miopía que los niños americanos normalmente escolarizados.

Convergencia y acomodación son dos procesos íntimamente ligados. Para mirar un objeto cercano modificamos la posición de nuestros ojos haciendo coincidir los rayos de luz sobre la fovea en cada ojo. Los ojos, cuando miran a lo lejos, están paralelos, pero al mirar un objeto cercano muestran un determinado ángulo de convergencia, que será mayor cuanto más cercano esté el objeto. Pero al mismo tiempo, para enfocar en la retina acomodamos (es decir engrosamos el cristalino por medio de la contracción del músculo ciliar). Ambos procesos se dan de forma conjunta cuando tiene lugar la visión binocular, de manera que la convergencia de los ojos parece forzar la acomodación del cristalino, aunque no se sabe muy bien si el proceso pudiera ocurrir al contrario (Gil del Río, 1984).

Así pues, imaginemos un ojo miope que tiene dificultad en enfocar objetos a larga distancia y que se le corrige con una lente de una dioptría de forma independiente en cada ojo. Sin embargo, el sujeto, a corta distancia (40 cms.), puede trabajar correctamente, puesto que se le permite el poder acomodativo del cristalino, formando una imagen retiniana nítida. Ahora bien, una vez corregido con la lente de una dioptría, ocurre que al trabajar a corta distancia la convergencia es la misma (mismo ángulo de trabajo a 40 cms.), pero el cristalino ha de acomodar en mayor medida (1 dioptría más) para poder obtener una imagen nítida en la retina (fig. 4).

Como decíamos anteriormente, la acomodación y la convergencia van parejas, de modo que el ojo tiene que hacer un esfuerzo adicional inicialmente, tal como le sugiere el cristalino, que está más acomodado, para poder ver en un punto intermedio entre la convergencia necesaria para mirar a esa determinada distancia y la que

le sugiere el cristalino (que está desacomodado). Este proceso conlleva a larga distancia una mayor convergencia de los ejes ópticos, y, consecuentemente, una mayor acomodación del cristalino, todo lo cual a medida que pasa el tiempo, lleva al ojo a la necesidad de una mayor corrección. En nuestro ejemplo, el sujeto para obtener una imagen nítida en la retina necesitaría 1.5 dioptrías y éste podría ser otro ciclo de progresiva miopía.

Etiológicamente se han propuesto dos hipótesis, implicando ambas la relevancia de la longitud axial del globo ocular en el desarrollo de la miopía, relativas a los mecanismos fisiológicos responsables del alargamiento:

1.- Según una de estas hipótesis, el incremento de la presión intraocular sería la responsable del alargamiento del globo ocular por desplazamiento de la parte posterior del ojo.

2.- La otra hipótesis sugiere, por el contrario, que la excesiva tensión de los músculos extraoculares (párpados y músculos relacionados con el movimiento ocular) ejercerían, o bien un efecto mecánico directo sobre el ojo, o bien, indirectamente, un incremento en la presión intraocular, causando, finalmente, la elongación del eje axial (Greene, 1980).

TRATAMIENTOS DE LA MIOPIA

Hasta ahora el problema de la miopía ha sido muy poco estudiado por la oftalmología oficial, interesada mucho más en la patología del ojo. Este hecho ha tenido sin duda que ver, en parte, con que la miopía sea un problema de fácil atenuación ya que se puede corregir fácilmente con lentes. Sin embargo, en la actualidad el problema ha pasado a ser realmente importante debido tanto al considerable número de personas afectadas, como a la aparición cada vez más temprana del problema y al progresivo aumento de la severidad del mismo.

La ortoqueratología (lentes de contacto correctoras) ha resuelto parte de los problemas planteados al reducir el aumento sistemático de la severidad de la miopía, especialmente en la adolescencia, y mejorar la agudeza conseguida con las gafas. En el mismo sentido, con las lentes de

contacto rígidas se ha conseguido reducir también el astigmatismo corneal, aunque los efectos no han sido totalmente estables, y también se ha logrado reducir la miopía al colocar lentillas con un radio de curvatura mayor al radio corneal, obteniendo así una presión opuesta a la elongación del eje axial y consiguiendo, en consecuencia, un leve aumento del radio corneal, con lo que se reduce el poder refractivo de la córnea. La cirugía (queratotomía radial) ha sido utilizada también como método para reducir la miopía con desigual éxito en todo el mundo. Igualmente, y con el mismo propósito, se han introducido lentes cóncavas en el ojo para reducir el poder dióptrico del mismo.

Sin embargo, y ya en 1920, Bates hizo un llamamiento para que se abandonaran las gafas como método de corregir la miopía, proponiendo en su lugar ejercicios correctores para el tratamiento de la misma. Bates (1920, 1940, 1943) y Corbett (1949) hacían hincapié en el efecto que sobre el ojo podían tener factores tales como el cansancio, el estrés, o la tensión muscular, relacionándolos con la miopía. En consecuencia, Bates propuso una serie de ejercicios tanto para eliminar la tensión como para relajar el cuerpo y especialmente el ojo. También proponía ejercicios de acomodación-relajación, haciendo que el sujeto cambiara rápidamente de enfocar objetos a corta y a larga distancia. Igualmente, también sugería que se mirara a los objetos de forma global sin fijarse en los detalles de manera especial.

En el programa de Bates hay también ejercicios de fortalecimiento de los músculos externos del ojo. Así se sugieren movimientos de izquierda-derecha, movimientos de arriba-abajo y movimientos circulares en ambas direcciones. El supuesto en el que se apoyan dichos ejercicios es el de que facilitan la movilidad del ojo que el miope corregido con gafas ya no posee. En segundo lugar estimula la visión periférica, esto es, la retina periférica que está alrededor de la mácula. Y, en tercer lugar, permite un mejor control de la convergencia ocular, ya que con el ejercicio, los músculos se hacen más potentes. Sin embargo, gran parte de estos ejercicios así como las hipótesis que subyacen a los mismos han sido severamente criticados por Pollack (1956), debido en parte a los pequeños cambios obtenidos en la agudeza visual por parte de los sujetos entrenados.

El entrenamiento en discriminación: la mejora de la agudeza visual

El primer experimento controlado para mejorar la agudeza visual de sujetos miopes fue el llevado a cabo por Berens, Girard, Fonda y Sellers (1957). En este trabajo se tomaron medidas de agudeza pre y postratamiento y se utilizó un grupo control de no tratamiento. La tarea de los sujetos consistía básicamente en identificar una serie de dígitos. A los sujetos se les incrementaba la distancia según cumplían el criterio de discriminación e igualmente se iba decreciendo el tiempo de exposición del estímulo. Los resultados del estudio fueron significativos en cuanto a la comparación pre-postratamiento e igualmente en la comparación con el grupo de control, aunque las mejoras en agudeza no fueron realmente importantes.

Giddings y Lanyon (1974), por su parte, intentaron probar el efecto del refuerzo positivo sobre el entrenamiento en discriminación, para lo cual trabajaron con cuatro sujetos dentro de un diseño ABABA. En la fase A elogiaban al sujeto al azar con independencia de que acertaran en la discriminación de series de cuatro anillos uno de los cuales estaba incompleto, (anillos de Landolt) y en la fase B se elogiaba la discriminación correcta. El experimento demostró, efectivamente, la importancia de la contingencia del refuerzo sobre la respuesta correcta.

En un trabajo posterior, Giddings y Lanyon (1974) verificaron que los sujetos que recibían reforzamiento positivo después de 72 ensayos eran menos miopes que el grupo no entrenado de este modo. En el entrenamiento no sólo se reforzaba la discriminación correcta, sino que además, se reducía el tamaño del optotipo si los sujetos daban la respuesta correcta, y, por el contrario, se aumentaba su tamaño cuando fallaban.

Hasta este momento los procedimientos de entrenamiento en agudeza visual parecían mostrar la posibilidad de que sujetos miopes relajaran el músculo ciliar y pudieran enfocar objetos más pequeños o más lejanos. Los primeros trabajos que muestran mejoras de cierta importancia clínica son los de Epstein et al. (1978). En su estudio, el entrenamiento consistía básicamente en informar a los sujetos de la discriminación correcta de letras, al tiempo que el sujeto iba incrementando gradualmente la distancia al estímulo. Epstein et al. (1978) consiguieron incrementar de este modo la agudeza visual en 0.2 en sujetos con agudeza visual inicial de 0.1 y 0.2 décimas,

manteniéndose estos cambios al finalizar el entrenamiento. El programa en sí de entrenamiento duraba tres meses y medio, con sesiones diarias (5 días por semana). Algunos trabajos posteriores que incluyen un cierto seguimiento indican que los cambios se mantienen nueve semanas después de finalizado el entrenamiento (Collins, Ricci y Burkett, 1981 b) así como que con el entrenamiento monocular parecían conseguirse mejoras en ambos ojos (Epstein et al. 1981).

Para comprobar mejor la hipótesis de la discriminación borrosa, según la cual los sujetos miopes aprenden a discriminar los estímulos que ellos ven de forma borrosa a distancia, Fenton, Collins, Burkett y Amato (1981) evaluaron los efectos del entrenamiento de sombreado y "feedback" en dos estudiantes no miopes, que fueron tratados con lentes de +2 dioptrías. Estas lentes producen una convergencia excesiva de los rayos de luz provocando una condición de "falso miope", por lo cual el sujeto puede llegar a enfocar estímulos situados a una distancia de hasta 0.50 m. La ventaja de utilizar esta manipulación es que los sujetos, mientras llevaban las lentes, veían imágenes borrosas de los estímulos presentados a larga distancia, aún sin tener un sistema óptico con diferencias funcionales.

Los sujetos fueron tratados durante 24 sesiones, a razón de unas 4 sesiones por semana durante 16 semanas. Fueron tomadas dos medidas de la agudeza visual cada día utilizando procedimientos aportados por investigaciones previas (Collins et al., 1981; Epstein et al., 1978) con miopes. Los procedimientos de entrenamiento visual con sombreado y "feedback" desarrollados por Epstein et al. (1978) fueron evaluados utilizando un diseño cruzado múltiple de sujeto único, en el que un sujeto recibió 6 días de entrenamiento y el otro 11 días. Inesperadamente, ninguno de los sujetos mostró un aumento en agudeza visual después del entrenamiento. Estos datos apoyan la hipótesis de que el entrenamiento visual puede mejorar la habilidad de los sujetos para discriminar los estímulos borrosos. Si los miopes pueden aprender a discriminar las imágenes borrosas, esto supone que los no miopes tratados con lentes de +2 dioptrías deben también aprender a discriminar los estímulos borrosos. Estos datos sugieren como explicación más probable que los cambios en el sistema fisiológico del ojo miope no ocurren en los sujetos emétopes.

En el intento de aplicar una tecnología avanzada a los experimentos de Epstein et al. (1978), Balliet, Clay y Blood (1982) trabajaron con una muestra de 70 miopes a los que les aplicaron un

entrenamiento con un optómetro computerizado para incrementar su agudeza visual de lejos de 0.025 a 0.8, controlándose el bizqueo y el tamaño pupilar. El rango de error refractivo fue de -1.50 a -7.25 dioptrías con no más de -3 dioptrías de astigmatismo. Sólo se entrenó el ojo más miope de los dos. Cada 2 ó 4 semanas se infracorregía la graduación de los sujetos (en gafas o lentillas) en -0.5 a -1 dioptría para observar así el progreso entre las sesiones de entrenamiento. Dicho entrenamiento consistía en mirar un estímulo presentado al azar por el optómetra y mantenido a una dificultad de 0.6 de agudeza. Este estímulo tenía una figura dirigida hacia la izquierda o hacia la derecha y el sujeto debía responder apretando un botón que indicaba la posición de la figura. Si acertaba, el ordenador alejaba el estímulo a una distancia equivalente a 0.10 dioptrías y daba un sonido de acierto. Si fallaba daba un sonido de error y acercaba el estímulo a una distancia equivalente a 0.3 dioptrías. Un monitor de T.V. indicaba al sujeto todo el tiempo la distancia del estímulo. Al terminar la sesión, el ordenador daba al sujeto información completa del progreso obtenido en la misma en forma gráfica. Los resultados indicaron una mejora significativa en la agudeza visual, generalizándose ésta a ambos ojos. No se encontraron, sin embargo, cambios significativos en la refracción. Paralelamente, pareció darse generalización a otras tareas visuales en la vida cotidiana. Balliet, Clay y Blood (1982) interpretaron estos resultados apelando a la formación de una lente de contacto artificial provocada por la sustancia lacrimonal y creen en la posibilidad de que los sujetos hayan desarrollado un proceso perceptual aprendido. Esta investigación, al trabajar con un solo ojo olvida la importancia del proceso de convergencia ocular dentro del desarrollo de una buena acomodación.

Un estudio de Matson, Hellsell y La Grow (1983) sirve de réplica a los experimentos de Epstein, Collins y sus colaboradores. Para ello utilizaron 24 sujetos miopes a los que aplicaron un programa de entrenamiento en agudeza visual (fading y feedback) parecido al propuesto por Epstein, Collins, Hannay y Looney (1978). Los resultados aportaron ganancias diferentes de agudeza visual según el método de evaluación utilizado, encontraron mayores logros en el postratamiento utilizando como criterio estímulos que eran idénticos a los utilizados en el tratamiento (optotipo E de Snellen), en comparación con las medidas de agudeza empleando estímulos que no pertenecían al tratamiento (letras de Snellen). Si bien no se demostró la existencia de mejoras equivalentes en ambas medidas, Matson et al. (1983) hipotetizaron que las mejoras observadas se podían interpretar mejor como eficiencia visual mejorada que como agudeza visual mejorada. Los autores

argumentaron, por otro lado, que los logros alcanzados en las tareas visuales estarían limitados a los estímulos utilizados en el tratamiento.

En dos investigaciones posteriores, (Gil y Collins, 1983; Collins y Gil, 1984) se pone, asimismo, de manifiesto la importancia de los hallazgos de Epstein, Collins y sus colaboradores rechazándose la réplica de Marson y col. (1983). En el primer estudio de un entrenamiento de agudeza visual utilizando videojuegos en un computador (VCS), Gil y Collins (1983) evaluaron la generalización de sus efectos, utilizando como medio de modificar la agudeza el procedimiento de "fading" y "feedback" ya descrito anteriormente. Utilizaron para ello 80 sujetos miopes, observándose como resultado que todos los sujetos sometidos a tratamiento mostraron mejoras significativas en agudeza visual, según la lectura de optotipos de Snellen (SLC) y letras pertenecientes a un test conductual de agudeza (BAT). Estos resultados sugirieron el hecho de que los efectos del tratamiento se generalizan a otros estímulos diferentes.

La segunda investigación (Collins y Gil, 1984) ratifica lo anterior, resumiendo las aportaciones realizadas por los programas de Epstein, Collins y colaboradores en el entrenamiento y mejora de la agudeza visual del siguiente modo:

1º.- El entrenamiento de "fading" y "feedback" mejora la agudeza visual en comparación con la condición de no tratamiento (Epstein et al., 1978).

2º.- La mejoría es posible en miopes con agudeza visual tan escasa como 0.1 (Epstein et al., 1978).

3º.- La discriminación de estímulos a distancia (fading) parece ser más importante que el "feedback" verbal en el entrenamiento visual (Collins et al., 1981).

4º.- Las ganancias obtenidas en agudeza visual se mantienen más allá de las 9 semanas de postratamiento (Collins, Ricci y Burkett, 1981).

5º.- El entrenamiento monocular mejora ambos ojos (Epstein et al., 1981) tanto el entrenado como el no entrenado.

6º.- Los efectos del entrenamiento se generalizan a otros estímulos relacionados con el trabajo realizado en el laboratorio (Collins et al., 1981).

7º.- Los efectos del entrenamiento se generalizan a otros aspectos diferentes del tipo de trabajo realizado (Gil y Collins, 1983).

Aunque no existen, hasta la fecha, estudios sistemáticos de modificación de conducta para la miopía en niños, una reciente investigación (Blount, Baer y Collins, 1984) describe la aplicación de un programa de "fading" y "feedback" para mejorar la agudeza visual de un niño miope de 11 años y 6 meses. El estudio mostró incrementos iniciales en la distancia a la que el sujeto podía discriminar letras. Sin embargo, este logro comenzó a deteriorarse conforme progresaba el entrenamiento. Ello hizo necesario aplicar un programa de refuerzo negativo con el fin de mantener el interés y la motivación en la tarea, factores ambos potencialmente relacionados con el descenso en la discriminación. Utilizando un cambio de criterio dentro de un diseño de inversión ABCBC, se logró aumentar la distancia a la que el sujeto discriminaba letras en más de cuatro veces y media. Estos resultados muestran la necesidad de adaptar y modificar las técnicas utilizadas corrientemente con sujetos adultos para su aplicación a niños (Rosen y col., 1984).

Los primeros trabajos controlados realizados en España siguiendo las indicaciones de Esptein et al. (1978) fueron desarrollados por Godoy, Carrobles y Santacreu (1984). En estos experimentos se utilizaron sujetos con un error refractivo entre -0.25 y -7 dioptrías con y sin astigmatismo. Los estímulos utilizados en este caso eran textos de 5 líneas de una novela. Los sujetos trabajaban durante un total de entre 20 y 30 sesiones, según los casos. Estos estudios muestran en sus resultados la obtención de grandes diferencias pre-posttratamiento en los sujetos miopes respecto de sí mismos, así como en las comparaciones con los grupos de control utilizados respecto a la distancia a la que pueden llegar a leer los estímulos.

En el estudio indicado, los sujetos comenzaban a leer a distancias que oscilaban entre 31 y 180 cms. y lograban alejarse de los estímulos en un promedio de 50 cms. (entre 40 y 110 cms.). Desgraciadamente no se han utilizado medidas de agudeza visual estandarizadas con lo que resulta difícil la comparación de los resultados de estos trabajos con los de otras terapias más convencionales, si bien ello fue debido, en parte, a

los problemas de fiabilidad encontrados en las medidas de agudeza visual y error refractivo utilizadas habitualmente en óptica y oftalmología.

Un estudio de Godoy, Catena y Caballo (1986), resume las anteriores investigaciones llevadas a cabo en el Colegio Universitario de Jaén desde 1982 a 1986, con un total de 51 sujetos miopes puros y 4 miopes con astigmatismo, comparando entre sí los tratamientos manual y mecanizado. Los resultados de estas investigaciones han sido, en síntesis, los siguientes:

1º.- Los tratamientos conductuales de agudeza visual desarrollados han demostrado ser muy eficaces al comparar los resultados obtenidos por sujetos tratados y de control.

2º.- Ambos tipos de programas (manual y mecanizado) han alcanzado resultados similares.

3º.- El grado de facilidad de manejo de ambos programas los hacen muy apropiados para ser autoaplicados en casa, especialmente el mecanizado, que por sus contenidos lúdicos podría ser utilizado por niños.

4º.- El efecto terapéutico podría optimizarse incrementando el número de sesiones, al observarse que las curvas presentadas en todos los casos no son asintóticas al finalizar el tratamiento.

5º.- Los resultados obtenidos con sujetos miopes con componente astigmático, son comparables a los obtenidos con sujetos miopes puros, si bien estos sujetos evolucionan más lentamente y obtienen en el mismo número de sesiones un 25% menos de los centímetros alcanzados por los miopes sin astigmatismo.

6º.- Los efectos parecen mantenerse a largo plazo, como puede observarse en los seguimientos efectuados a los 6 y 8 meses.

7º.- Los efectos obtenidos en el laboratorio parecen, igualmente, generalizarse a las actividades cotidianas ya que los informes subjetivos de los sujetos concuerdan con los datos presentados, al informar éstos de mejoras en su agudeza visual en actividades tales como ver la T.V., leer en la pizarra, identificar carteles luminosos en la calle, conducir, etc.

Posteriores trabajos desarrollados en la Universidad Autónoma de Madrid (Santacreu, Ruiz y Carroble, 1986) han puesto de manifiesto que se pueden obtener mejores resultados cuando el entrenamiento se realiza a larga distancia (más de 3.5 m.) que si se efectúa a una distancia corta, variando simplemente el tamaño del optotipo. En este caso, como variante también de los estudios anteriores, se presentaba como estímulo el texto de una novela a través de diapositivas. Tanto los sujetos del grupo entrenado a corta distancia (50 cms.), como a larga distancia (más de 3.5 m) mejoraban significativamente. Sin embargo, los cambios reales obtenidos en agudeza visual mostraban un mayor incremento en el segundo grupo de entrenamiento (larga distancia) respecto del primero. Ello puede ser explicable en parte debido a que los sujetos entrenados a larga distancia mejoraban sesión a sesión del orden de unos 40 cms., con lo que la cantidad de refuerzo obtenido podría ser mayor que en el otro grupo, y, por otro lado, que al ser el entrenamiento binocular podría no verse afectada la convergencia ocular en el momento de enfocar. En conjunto, los cambios obtenidos en el grupo de entrenamiento a larga distancia muestran incrementos medios de 0.2 en agudeza visual y una reducción en dioptrías en un rango de 0.25 a 1.75, con un promedio de 1.25 dioptrías.

En resumen, los datos presentados por nuestro grupo parecen superar con mucho los resultados obtenidos por otros autores, lo que puede ser debido, por un lado, a la utilización de un enfoque más clínico y no tan sólo estrictamente experimental, y, por otro, a las innovaciones técnicas introducidas por nosotros en el procedimiento básico de entrenamiento en agudeza visual. En síntesis, las aportaciones ofrecidas por nuestros trabajos al entrenamiento en agudeza visual podrían concretarse en las siguientes:

1º.- Se eligió a sujetos especialmente motivados que pasaron un amplio número de test antes de participar en el programa: entrevista clínica, evaluación de la agudeza visual (dos test en el laboratorio, además de medidas de la amplitud de enfoque, pruebas oftalmológicas y pruebas optométricas en distintos lugares).

2º.- Los sujetos depositaban, asimismo, una fianza de dinero que posteriormente recuperaban en función de que llevaran a cabo los autorregistros en casa y acudieran puntualmente a las sesiones de entrenamiento.

3º.- Dos psicólogos, terapeutas experimentados, dirigían el entrenamiento del sujeto durante una sesión de 30 minutos, aplicando reforzamiento más continuado al principio de la sesión y durante las primeras sesiones del programa de entrenamiento, reforzamiento que progresivamente se hacía intermitente al avanzar las sesiones de entrenamiento. Asimismo, se procuraba que el refuerzo social dispensado fuera variado.

4º.- En la primera sesión, en grupo, los sujetos eran informados e introducidos en un programa de higiene visual mínimo, sugiriéndoles que levantarán la vista a menudo de sus mesas de trabajo, que se lavaran los ojos con agua fresca tres o cuatro veces al día, que hicieran ejercicios de relajación en casa, que cambiarán rápidamente y con alguna frecuencia en la acomodación cerca-lejos y que llevarán gafas lo menos posible registrando en una planilla al efecto las horas que las llevaban puestas.

5º.- Las sesiones eran en días alternos y aunque se trataba de un número fijo de sesiones (18 sesiones de entrenamiento), el tratamiento duraba en realidad más tiempo.

6º.- Igualmente, también se facilitaba a los sujetos información sobre el funcionamiento del ojo y sobre la miopía, así como sobre el objetivo a alcanzar: relajar el músculo ciliar, indicándoles expresamente que no debían guiñar o fruncir los ojos para tratar de ver mejor.

7º.- Los sujetos debían intentar leer en las sesiones de entrenamiento, sin pasar demasiado tiempo ante un estímulo, intentando relajarse en los períodos de descanso, impidiendo, asimismo, que se autocastigaran por sus fallos, en la medida que era posible.

Aunque es cierto que los progresos alcanzados en agudeza son evidentes, con un programa de tratamiento controlado como el que exponemos aquí necesitamos, sin embargo, saber qué tipo de cambios se producen, dónde se producen y hasta qué punto los mismos son duraderos. De otra parte, queda aún por resolver la gran variabilidad de los resultados.

El entrenamiento directo del cristalino

Aunque le hemos llamado entrenamiento en discriminación es evidente que lo que se quiere lograr con los entrenamientos reseñados anteriormente es enseñar a los sujetos miopes a desacomodar el cristalino más allá de lo que comúnmente lo hacen o lo pueden hacer. Sin embargo, ninguno de los autores mencionados anteriormente (Epstein et al., 1978; Collins et al., 1981; Epstein et al., 1981; Godoy, Carrobles y Santacreu, 1984; Santacreu, Ruiz y Carrobles, 1986) se han ocupado de medir si se han producido realmente cambios en el grosor del cristalino y por tanto en su capacidad de desacomodar.

En un trabajo de Rosen, Shiffman y Meyers (1984) se tomaron diversas medidas pre y postratamiento, además de las usuales: a) error refractivo (dioptrías); b) presión intraocular (PIO); y c) longitud del eje axial. Sin embargo, el programa desarrollado por estos autores (parecido al de Collins et al., 1981) aunque obtiene diferencias importantes respecto al grupo de control en cuanto a agudeza visual, no muestra diferencias en el error refractivo (reducción de dioptrías), con lo que carecen de sentido los posteriores análisis que llevan a cabo los autores mencionados para tratar de averiguar la posible influencia del programa de entrenamiento sobre la PIO y la longitud del eje axial. El tratamiento es realmente tan corto (6 sesiones de 30 minutos) como para pensar que ésta es la razón fundamental de su fracaso en reducir la miopía.

En este sentido, el trabajo de Trachtman, Giambalbo y Feldman (1981) es de los pocos trabajos publicados hasta el momento en el que el entrenamiento de los sujetos incluía el informar directamente y de forma continua al sujeto sobre los cambios obtenidos en el poder refractivo del cristalino. Siguiendo las indicaciones de Borish (1970) y Sorsby (1967), los autores mencionados elegían su muestra de sujetos miopes "funcionales" de acuerdo con las siguientes características: a) tener menos de 2 dioptrías medidas por el método subjetivo de interponer lentes; b) tener una historia de miopía posterior a los 16 años; c) realizar un trabajo prolongado a corta distancia; d) darse en ellos ausencia de patología ocular y e) encontrarse diferencias entre el grado de miopía obtenido a través de retinoscopia y el obtenido por el método subjetivo de la caja de lentes.

Como equipo básico de entrenamiento, los autores utilizan un optómetro de rayos infrarrojos adaptado originalmente (Cornsweet y Crane, 1973) capaz de indicar el nivel de acomodación del cristalino cada 31.6 mseg. A través de un microcomputador se facilita al sujeto un tono que varía de acuerdo con los cambios producidos en su nivel de acomodación (0.125 dioptrías produce, por ejemplo, un cambio de 50 Hz en el tono). La sesión se realiza a oscuras y a los sujetos se les aplica un dilatador de pupila para mejorar el funcionamiento del aparato (pupila mayor de 5 mm). Los sujetos tratados, en este caso, recibieron un total de 8 sesiones de 16 minutos de duración cada una. Los datos obtenidos, muestran unos resultados positivos y clínicamente importantes, a pesar de no incluir en el tratamiento sesiones de generalización. No obstante, en la publicación sobre el trabajo, los autores no señalan el total de dioptrías reducidas por el tratamiento. Por otro lado, el estudio está realizado tan sólo con tres sujetos y en él se modifica, además, el tamaño de la pupila. Todos estos elementos dificultan no sólo el tratamiento, sino la evaluación clínica del mismo, a pesar de su aparente importancia experimental. Uno de los resultados más relevantes obtenidos por este estudio es, sin embargo, la aparente demostración de la modificación directa del cristalino como resultado del tratamiento.

Pelcyger y Trachtman (1985), por su parte, presentan los datos de 100 sujetos cuyo promedio de reducción de la miopía es de 3.00 dioptrías, en un tratamiento con el Accomotrac Vision Training diseñado por Trachtman, durante 15 sesiones. Además del tratamiento en sí, los autores realizaban sesiones de generalización lo cual permite, según Trachtman, unos resultados mucho mejores.

¿DONDE SE PRODUCEN LOS CAMBIOS?: HIPOTESIS DE "DISCRIMINACION BORROSA" VERSUS LOS CAMBIOS EN EL ERROR REFRACTIVO DEL OJO.

Hay dos explicaciones posibles y opuestas como explicación de los resultados obtenidos en el tratamiento conductual de la miopía, en relación con el incremento en la agudeza visual de los sujetos. La primera explicación plantea que el entrenamiento visual permitiría una mejor discriminación de "estímulos borrosos" por parte de los sujetos. Según esta explicación, los receptores de la retina recibirían el mismo "input" visual antes y después del entrenamiento, pero la persona

puede discriminar mejor el estímulo del mismo. Los cambios obtenidos se producirían de este modo, posiblemente en el cortex occipital, o en otras estructuras nerviosas relacionadas con la visión.

Esta hipótesis surgió al hilo de los tratamientos de casos de ambliopía (ojo vago). En estos casos la estructura del ojo puede ser normal, pero los sujetos no procesan la información visual que reciben a nivel de corteza cerebral. De hecho, un corto entrenamiento parece resolver el problema en la mayoría de los casos con diferentes tipos de tratamiento: corrección con lentes en casos de hipermetropía, ejercicios de movilidad del ojo, ejercicios de acomodación o, simplemente, tapando el ojo que posee agudeza visual normal. Lo que resulta evidente es que el entrenamiento en agudeza visual mejora la capacidad de los sujetos en discriminar objetos distantes. Epstein et al. (1978) informaron, en este sentido, de cambios en agudeza visual de 0.1 a 0.35 y de 0.2 a 0.4 en sólo tres meses de tratamiento. Santacreu, Ruiz y Carrobles (1986), por su parte, informan de cambios en agudeza visual de 0.4 y 0.9 en grupos de entrenamiento a larga distancia, en tan sólo 18 sesiones de media hora de entrenamiento. Los cambios en estos y en los demás estudios reseñados en el presente informe, no sólo parecen ser cambios significativos desde un punto de vista estadístico, sino también desde un punto de vista clínico. Para llegar a afirmar esta hipótesis con autoridad, sería necesario, sin embargo, obtener distintas medidas oculares antes y después del tratamiento: mediciones del eje axial, medidas de la cámara anterior y posterior, evaluación del poder refractivo de la córnea (curvatura corneal como indicador), poder refractivo del cristalino acomodado y desacomodado, cambios en el diámetro pupilar en condiciones de igualdad de luz estimular, o evaluación de los cambios obtenidos en la tensión de la musculatura extraocular. De esta manera podríamos saber si el tratamiento que mejora la agudeza visual, produce, a su vez, cambios reales en la estructura del ojo o en la corteza cerebral.

La hipótesis alternativa plantea, por el contrario, que el "entrenamiento conductual en discriminación" de objetos distantes conlleva simplemente un cambio en el error refractivo del ojo. De este modo, lo que se conseguiría a través del entrenamiento sería enfocar la imagen correctamente en la retina, debido fundamentalmente a la modificación del grosor del cristalino a través del músculo ciliar, dado que éste es el dioptrio ocular más implicado en enfocar. Los trabajos de Randle (1970), Cornsweet y Crane (1973), Malmström y Randle (1976), Trachtman (1978), Trachtman, Giambalbo y Feldman (1981), Trachtman

(1987) y Berman et al. (1985), parecen indicar al menos que se puede aprender a modificar el grosor del cristalino reduciendo su poder refractivo, lo que lleva aparentemente asociado el aumento de la agudeza visual, junto a la reducción del poder refractivo del ojo en los sujetos miopes. Los datos de Clay y Blood (1982) no son, sin embargo, tan claros al respecto, puesto que, como señalan los autores, ellos sólo obtuvieron cambios positivos en agudeza visual, pero no en el error refractivo del ojo.

Probablemente sea necesario referirse a los distintos tipos de miopía para explicar la variabilidad de los datos obtenidos. En este sentido, como hemos señalado anteriormente, la miopía, o lo que es lo mismo, el exceso de poder refractivo del ojo, viene determinado, a su vez, por el poder refractivo de cada uno de los dioptrios que componen el ojo, en relación a sus respectivas distancias sobre el eje axial. Como ya hemos comentado en otro lugar, clínicamente se ha distinguido entre miopía simple o axial y miopía progresiva. Este último tipo parece implicar una progresiva degeneración de la agudeza visual (Shiffman, 1982; Vaughan y Asbury, 1974; Trevor-Roper, 1974; Curtin, 1979). Sin embargo, estas distinciones no parecen ser tan útiles a la hora de hacer pronósticos en relación con el tratamiento conductual de la miopía, pues si bien es cierto que parecen producirse cambios importantes con este tipo de tratamiento, con sujetos que reducen totalmente su miopía (pasando de -1.5 dioptrías a 0 dioptrías), en otros casos, sin embargo, la reducción en dioptrías parece ser nula, y ello aunque se mejore la agudeza visual de los sujetos. Por tanto, necesitamos una clasificación de la miopía que pronostique correctamente el efecto del tratamiento en el sentido de indicarnos qué parámetros de la estructura ocular es importante medir para poder prever los efectos del tratamiento (Fledelius, 1982; Trachtman, Giambalvo y Feldman, 1981; Greene, 1980). En consecuencia, nosotros proponemos un cambio taxonómico en la clasificación de la miopía.

En este sentido, hay dos cuestiones básicas, que no vamos a tratar aquí, pero que desde nuestro punto de vista dificultan y confunden la investigación. Una de ellas es el concepto en sí de agudeza visual y su relación con los distintos trastornos oculares, especialmente con la miopía donde la agudeza visual varía con la distancia. La otra grave dificultad en la investigación sobre la miopía es la falta de fiabilidad y validez que concurren en los distintos tipos de medición del error refractivo ocular. Nuestros datos muestran (Carrobles, Ruiz, Santacreu y Godoy, 1986) que el procedimiento subjetivo de

interposición de lentes no es fiable, con medidas repetidas, con tan sólo media hora de intervalo entre las mediciones, junto a que si dichas medidas se toman por las tardes, entonces aparece además un aumento de 0.50 dioptrías casi sistemáticamente, en todos los sujetos. Estos datos indican la necesidad de estudios tendentes a señalar las condiciones de una mayor fiabilidad y validez de las medidas, como insistimos repetidamente como resultado de nuestros trabajos, dirección en la que nosotros mismos estamos trabajando para intentar superar muchos de estos problemas.

REFERENCIAS

- ANGLE, J. y WISSMAN, D.A.: "The epidemiology of myopia". *American Journal of Epidemiology*, 2 (III), 220-228, 1980.
- BALLIET, R.; CLAY, A. y BLOOD, K.: "The training of visual acuity in Myopia". *Journal American Optometry Association*, 53, 719-724, 1982.
- BATES, W.H.: The treatment of imperfect sight by treatment without glasses. Central Fixation Co., N.Y., 1920.
- BATES, W.H.: The cure of imperfect sight by treatment without glasses. N.Y., 1940.
- BATES, W.H.: The Bates method for better eyesight without glasses. Holt. N.Y., 1943.
- BERENS, C.; GIRARD, L.S.; FONDA, G. y SELLS, S.B.: "Effects of tachistoscopic training on visual functions in myopic patients". *American Journal of Ophthalmology*, 44, 25-48, 1957.
- BERMAN, P.E. et al.: The effectiveness of biofeedback visual training as a viable method of treatment and reduction of myopia". *Journal of Optometric Vision Dev*
- BLOUNT, R.L., BAER, R.A. y COLLINS, F.L.: "Improving visual acuity in a myopic child: assessing compliance and effectiveness". *Behavioral Research Therapy*, 1 (22), 53-57, 1984.
- BORISH, I.M.: Clinical refraction. The Profesional Press. Chicago, 1954 (3ª ed. 1970).
- CARROBLES, J.A.I.; RUIZ, J.; SANTACREU, J. y GODOY, J.F.: "Behavioral assessment of myopia: an alternative way of overcoming reliability problems in the existing measurments of myopia". Paper presented at the 21st International Congress of Applied Psychology. Jerusalem, Israel. 1986.

COLLINS, F.L.; EPSTEIN, L.H.; HANNAY, H.J.: "Modification of myopia using fading and feedback: a case study". *The Behavior Therapist*, 2 (5), 28-29. 1979.

COLLINS, F.L.; EPSTEIN, L.H. y HANNAY, H.J.: "A component analysis of an operant training program for improving visual acuity in myopic students". *Behavior Therapy* 5 (12), 692-701, 1981.

COLLINS, F.L.; RICCI, J.A. y BURKETT, P.A.: "Behavioral training for myopia: Long-term maintenance of improved acuity". *Behaviour Research and Therapy*, 19(3), 265-268, 1981.

COLLINS, F.L. y GIL, K.M.: "Critical issues in the evaluation of behavioral training for myopia: A reply to Matson, Hesel and La Grow". *Behavior Research and Therapy*, 2(22), 195-196, 1984.

CORBETT, M.D.: *Help yourself to better eye sight*. Prentice-Hall. N.Y., 1949.

CORNSWEET, T.N. y CRANE, H.D.: "Training the visual accomodation system". *Vision Research*, 13, 713-715, 1973.

CURTIN, B.J.: "Physiologic versus pathologic myopia: genetic versus environmet". *Ophthalmology*, 86, 681-691, 1979.

EPSTEIN, L.H.; COLLINS, F.L.; HANNAY, H.J. y LOONEY, R.L.: "Fading and feedback in the modification of visual acuity". *Journal of Behavioral Medicine*, 1, 273-287, 1978.

EPSTEIN, L.H.; GREENWALD, D.J.; HENNON, D. y HIEDORN, B.: "Monocular fading and feedback. Effects on vision changes in the trained and untrained eye". *Behavior Modification*, 5(2), 171-186, 1981.

FENTON, L.; COLLINS, F.L.; BURKETT, P.A. y AMATO, C.: "An evaluation of acuity changes following fading and feedback training". *Paper presented at the meeting of the Southeastern Psychological Association*. Atlanta, March, 1981.

FLEDELIUS, H.C.: "Is myopia getting more frequent?". A cross-sectional study of 1416 danes aged 16 years". *Acta Ophthalmologica*, vol. 61, 545-559. 1983.

GIDDINGS, J.W. y LANYON, R.I.: "Effects of reinforcement of visual acuity in myopic adults". *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, 51, 181-186, 1974.

GIL, K.M. y COLLINS, F.L.: "Behavioral training for myopia: Generalization of effects". *Behaviour Research and Therapy*, 3(21), 269-273, 1983.

GIL DEL RIO, E.: *Optica fisiológica clínica. Refracción. (5ª ed.)*. Ed. Toray. Barcelona. 1984.



- GODOY, J.F., CARROBLES, J.A.I. y SANTACREU, J.: "Tratamiento Conductual de la miopía: programa de entrenamiento en agudeza visual". I Congreso del Colegio Oficial de Psicólogos de Madrid. Madrid. 1984.
- GODOY, J.F.; CATENA, A. y CABALLO, V.E.: "Desarrollo experimental de un programa de evaluación y tratamiento de la miopía". I Jornadas de Psicología y Salud. Santander, 1986.
- GREENE, P.R.: "Mechanical considerations in myopia: relative effects of accommodation, convergence, intraocular pressure, and the extraocular muscles". *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, 57, 902-914, 1980.
- KELLEY, C.R.: "Psychological factors in myopia". *Journal of the American Optometric Association*. 33, 833-837, 1962.
- MALMSTROM, F.V. y RANDLE, R.J.: "Effects of visual imagery on the accommodation response". *Perception and Psychophysics*, 19, 450-453, 1976.
- MATSON, J.L.; HELSEL, W.J. y LA GROW, S.J.: "Training visual efficiency in miopic persons". *Behavior Research and Therapy*, 24, 115-118, 1983.
- MICHAELS, D.: *Visual Optics and refraction*. The C.V. Mosby Company. St. Louis, Missouri, 1975 (1ª ed. 1969).
- PELCYGER, S.M. y TRACHTMAN, J.N.: "Myopia reduction using biofeedback of accommodation: summary data of 100 patients". *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, 62, 73, 1985.
- POLLACK, P.: *The truth about exercises*. Chilton. Philadelphia. Pennsylvania, 1956.
- RANDLE, R.J.: "Volitional control of visual accommodation". *Advisory Group Aerospace Research and Development Conference Proceedings*, 82. Garmish-Partenkinchen, Alemania, 1970.
- ROSEN, R.C.; SCHIFFMAN, H.R. y MEYERS, A.S.: "Behavior modification and the treatment of myopia". *Behavior Modification*, 2(8), 131-154, 1984.
- SANTACREU, J.; RUIZ, J. y CARROBLES, J.A.I.: "Behavioral treatment of myopia: effects of visual acuity training". *Paper presented at the First Conference of European Clinical Psychologist*. University of Kent at Canterbury. U.K., 1986.
- SATO, T.: "The causes and prevention of acquired myopia". Kanehara Shuppan, Tokyo, 1957.
- SCHIFFMAN, H.R.: *Sensation and Perception: an integrated approach* (2nd Ed.) John Wiley. N.Y. 1982.
- SORSBY, A.: "The nature of refractive errors in refractive anomalies of the eye". Monograph 5, Public Health Service Publication 1687, (P.TO). Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.

TRACHTMAN, J.N.: "Biofeedback of accommodation to reduce functional myopia". *Dissertation Abstracts International*, **39(2-B)**, 1021-1022, 1978.

TRACHTMAN, J.N.; GIAMBALVO, V. y FELDMAN, J.: "Biofeedback of accommodation to reduce functional myopia". *Biofeedback and Self-Regulation*, **6**, 547-569, 1981.

TRACHTMAN, J.N.: "Biofeedback of accommodation to reduce myopia: A review". *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, **64**, 8, 2-8, 1987.

TREVOR-ROPER, P.D.: *The eye and its disorders*. Blackwell. London, 1974.

VAUGHAN, D. y ASBURY, T.: *Oftalmología general (4ª ed.)* Ed. El manual moderno. Mexico, D.F., 1976.

YOUNG, F.A.: "The development and retention of myopia by monkeys". *American Journal of Optometry and Archives of the American Academy of Optometry*, **38**, 545-555, 1961.

YOUNG, F.A.: "Reading measures of intelligence and refractive errors". *American Journal of Optometry and Archives of American Academy of Optometry*, **40(5)**, 257-264, 1963.

YOUNG, F.A.: "Myopia and personality". *American Journal of Optometry and Archives of American Academy of Optometry*, **44(3)**, 192-201, 1967.

YOUNG, F.A.: "The development and control of myopia in human and subhuman primates". *Contacto*, **19**, 16-31, 1975.

YOUNG, F.A.; LEARY, G.A.; BALDWIN, W.R.; WEST, D.C.; BOX, R.A.; HARRIS, E. y JOHNSON, C.: "The transmission of refractive errors within Eskimo families". *American Journal of Optometry and Archives of American Academy of Optometry*, **46**, 676-685, 1969.

YOUNG, F.A.; LEARY, G.A.; BALDWIN, W.R.; WEST, D.C.; BOX, R.A.; GOO, F.J. y JOHNSON, C.: "Refractive errors, reading performance and school achievement among Eskimo children". *American Journal of Optometry and Archives of American Academy of Optometry*, **47(5)**, 384-390, 1970.

YOUNG, F.A.; SINGER, R.M. y POSTER, D.: "The psychological differentiation of male myopes and non myopes". *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, **52(10)**, 679-686, 1975.

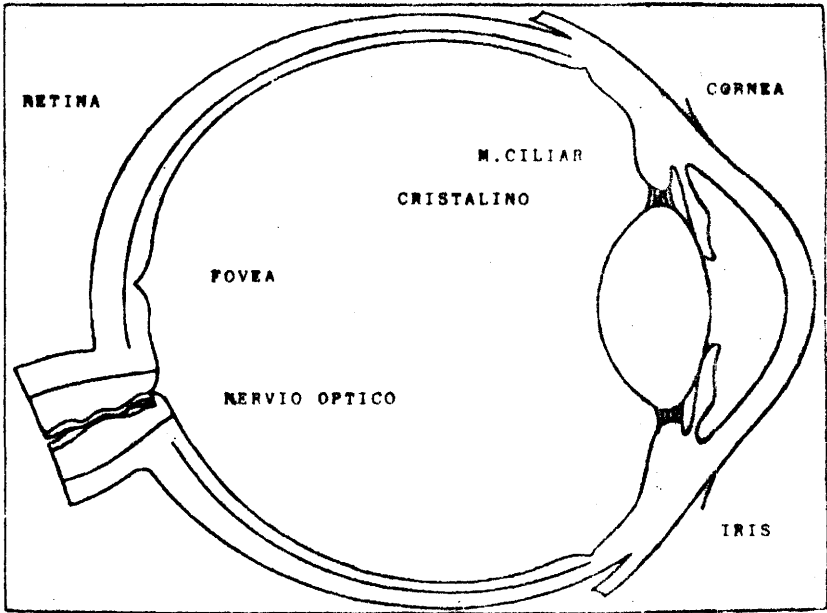


FIGURA 1.- Diagrama del globo ocular.

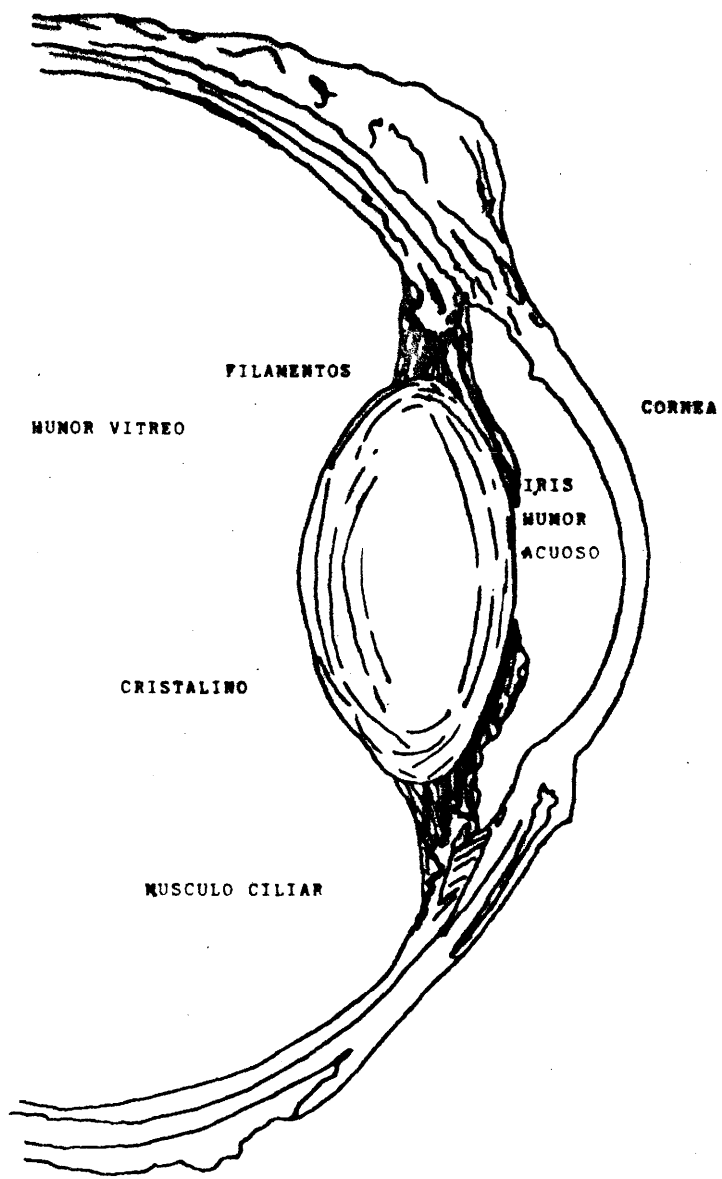
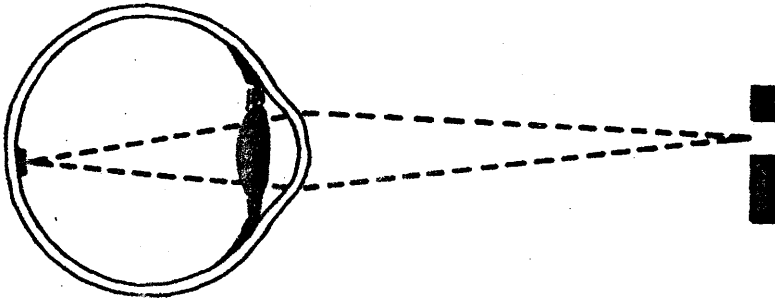


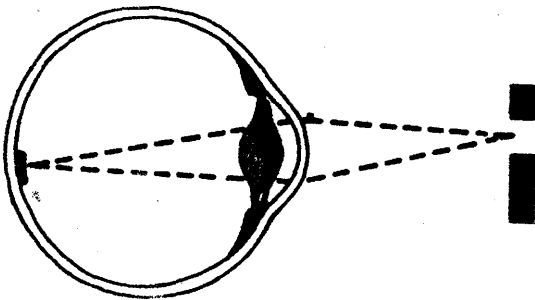
FIGURA 2.- Visión de un corte del ojo: cristalino, iris y córnea.



EL CRISTALINO OBJETIVO LEJANO

Los rayos divergentes de un punto del objeto distante son enviados por la córnea y el cristalino a un punto correspondiente de la retina, donde

convergen para formar parte de la imagen retinal. El cristalino, aplastado por las tensiones fibras que lo sostienen, está en su capacidad para enfocar.

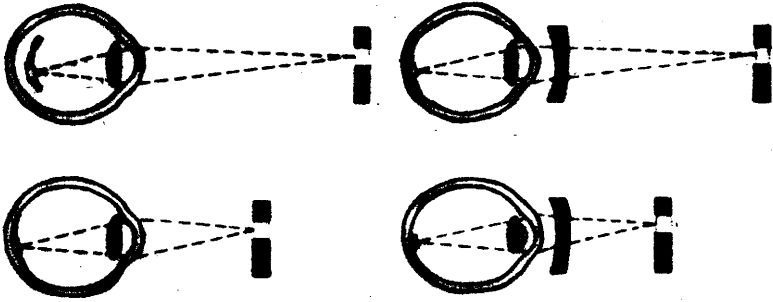


EL CRISTALINO OBJETIVO CERCANO

Los rayos de luz del objeto cercano tocan al ojo en un ángulo relativamente más oblicuo, y el cristalino se engruesa para lograr un mayor gra-

do de curvatura, para que converjan en la retina. Las imágenes retinales están invertidas pero el cerebro compensa automáticamente esta deficiencia.

FIGURA 3.- Funcionamiento del cristalino en el ojo emétrepe o normal.

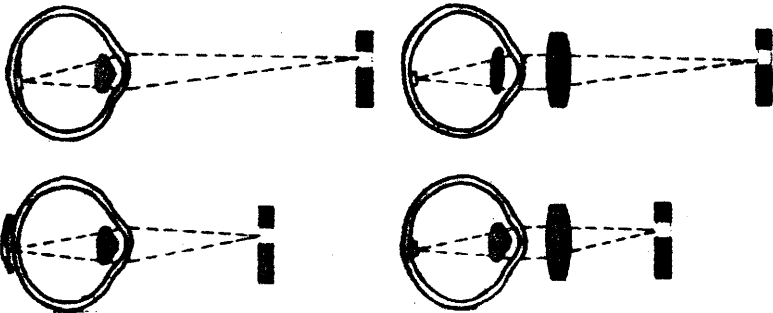


CORRECCIÓN DE LA MIOPIA

En el caso de la miopía el globo del ojo se deforma alargado para la natural capacidad de enfoque de la córnea y el cristalino. Los rayos

de luz reflejados por un objeto distante convergen antes de llegar a la retina. Para un cristal concavo al separar los rayos, lleva la imagen a la retina

(arriba). La imagen cercana llega a la retina sin acomodación del cristalino (abajo), con enfoque; el cristalino se acomoda a la visión cercana



CORRECCIÓN DE LA PRESBICIA

El globo del ojo se abomba demasiado como el cristalino debe acomodarse incluso para ver imágenes lejanas (la ilustración izquierda). Con ob

jetos cercanos el cristalino no puede acomodarse para impedir que las imágenes caigan detrás de la retina (la ilustración, izquierda). Un vidrio con

convexa, que converge los rayos de luz, compensa la corta distancia entre el cristalino y la retina y permite al cristalino del ojo el enfoque normal

FIGURA 4.- La longitud del eje axial como determinante de los trastornos visuales: miopía e hipermetropía. El ojo miope sin corrección produce una imagen nítida antes de la retina con el cristalino aplanado. Sin embargo, logra enfocar de cerca. Al poner corrección, tanto para cerca como para lejos, cuando mira a objetos cercanos ha de producir una mayor acomodación.