



# LEYES DE HERING; DISPARIDAD CRUZADA & NO CRUZADA

## AUTOR

**Thomas Salmon:** Northeastern State University, EEUU

## PAR REVISOR

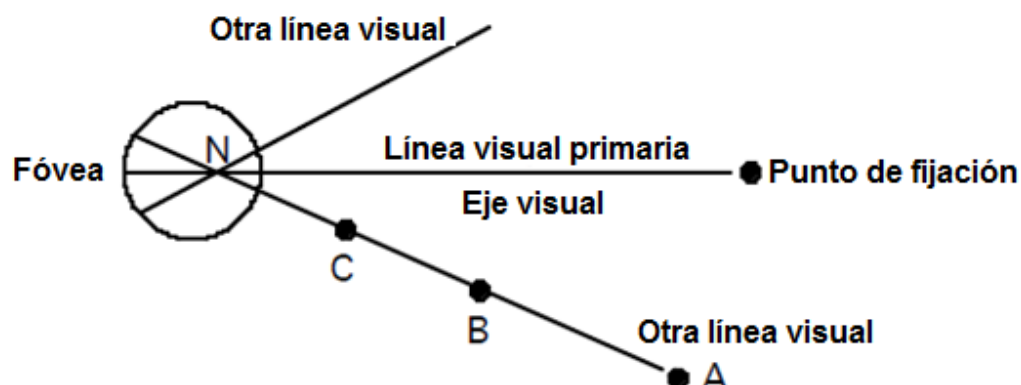
**Scott Steinman:** Southern California College of Optometry, EEUU

## INTRODUCCIÓN

Casi 100 años después de Wells, Hering desarrolló sus famosas leyes de dirección visual, las cuales nos ayudan a entender la localización aparente de los objetos en una visión binocular normal

## LEYES DE DIRECCIÓN VISUAL DE HERING

El concepto fundamental en las leyes de Hering es la **línea visual**. Se define como la línea que se forma desde un objeto en el campo visual de un ojo y pasa a través de un punto nodal (Steinman dice la pupila) y llega a la retina. Las líneas visuales pueden ser utilizadas para los objetos localizados en cualquier parte del campo visual, incluyendo el punto de fijación al igual que objetos periféricos. El *eje visual* es la línea visual primaria, ya que se forma desde el objeto que se fija hasta la fovea (Figura 16.1) Otras líneas visuales apuntan hacia objetos que no se encuentran en el eje visual y estas se asocian a otros puntos de la retina distintos a la fovea.



**Figura 16.1** Terminología de Hering para un ojo

El siguiente es un resumen de las leyes de dirección visual de Hering

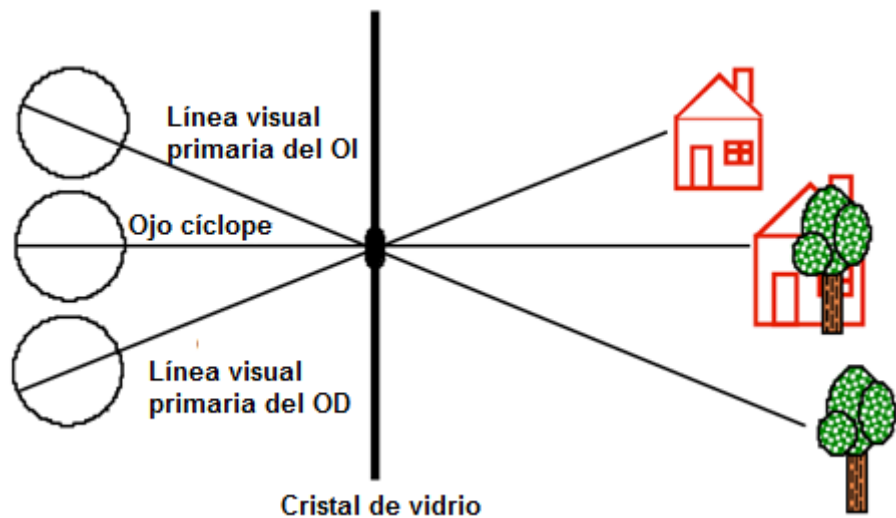
<p><b>1. LEYES DE DIRECCIÓN VISUAL ÓCULO-CÉNTRICA</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Todos los objetos que yacen en alguna línea visual particular en el espacio objeto, forman imágenes en el mismo punto retinal y por lo tanto tienen la misma dirección visual (punto A,B,C figura 16.1)</li> <li>▪ Cada línea visual y su punto retinal tienen una única dirección visual óculo-céntrica asociada.</li> <li>▪ Las imágenes que caen en diferentes posiciones retinianas son percibidas en diferentes direcciones. Cada neurona retinal se asocia con una dirección visual particular. Aunque una neurona sea estimulada con una imagen, luz extraña, o algo más, siempre crea el mismo sentido de dirección. La dirección asociada a cada neurona particular se conoce como su señal local.( Ver Steinman, Foundations of Binocular Vision, p.10) Otras neuronas de alto orden (NGL, corteza visual) también tienen <b>señales locales</b> asociadas.</li> </ul>
<p><b>2. LEYES DE DIRECCIÓN VISUAL EGOCÉNTRICA (CÍCLOPE)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Las posiciones de todos los objetos en el espacio se determinan como si se vieran con el ojo cíclope.</li> <li>▪ Un objeto en la línea visual primaria se verá como si estuviera en la línea visual primaria del ojo cíclope.</li> <li>▪ Si un objeto periférico y su línea visual forman algún ángulo con la línea visual primaria en un ojo, se verá como si formara el mismo ángulo con la línea visual correspondiente relativa a la línea visual primaria del ojo cíclope.</li> </ul> <p>Estas leyes le ayudarán a comprender como la dirección visual óculo-céntrica contribuye a la dirección egocéntrica, usando el concepto del ojo cíclope.</p>

3. LEYES DE DIRECCIONES VISUALES IDÉNTICAS O DIRECCIÓN VISUAL BINOCULAR.

- Cada línea visual en el campo visual de un ojo tiene su línea visual correspondiente en el otro ojo y estas líneas visuales correspondientes generan la percepción de dirección visual idéntica.
- La dirección visual de las imágenes fusionadas que caen en puntos retinales levemente dispares es el promedio de ambas direcciones visuales. Esto permite que el ojo mantenga una fusión binocular, incluso si los dos ojos no fijan de manera perfecta.

**Fusión binocular** se refiere al fenómeno en el que una imagen vista por ambos ojos se “fusiona” en una sola imagen. Si existe un conflicto en la dirección visual de ambos ojos, cada dirección binocular percibida es la del ojo dominante. Imágenes ampliamente dispares (líneas visual significativamente no correspondientes) se ven como dos diferentes direcciones visuales (diplopia). Es decir, no pueden fusionarse. Hering describió un experimento de ( the English translation by Hurvich and Jameson (1942. p. 38) Harvard University Press, Cambridge, MA.)

Permita que el observador se pare a una distancia de alrededor de 1 metro de una ventana que permite ver hacia afuera, mantenga la cabeza muy quieta, cierre el ojo derecho y dirija su ojo izquierdo hacia un objeto localizado en algún lugar al lado derecho. Supongamos que hay un árbol que está fuera de sus alrededores. Al fijar el árbol con el ojo izquierdo se genera una marca negra en la ventana en un punto en línea con el árbol. Ahora el ojo izquierdo es cerrado y el derecho es abierto y se dirige hacia el punto en la ventana y más allá hacia un objeto en línea con el punto, por ejemplo, una chimenea. Luego con ambos ojos abiertos y mirando el punto esto último se verá como si se cubriesen partes del árbol y la chimenea. Ambos se verán de manera simultánea, algunos momentos el árbol con mayor claridad, en otros la chimenea y algunas veces ambos de igual manera, de acuerdo con que imagen sea la ganadora en el conflicto retinal. Por lo tanto uno ve el punto en el cristal, el árbol y la chimenea en la misma dirección.(De Howard & Rogers, p. 594)



**Figura 16.2** Ilustración del famoso experimento de Hering  
(Ver Steinman, Foundations of Binocular Vision Fig. 2-9.)

Las leyes de Hering nos ayudan a transferir información visual al ojo cíclope, con el fin de saber que es lo que una persona con visión binocular normal debería ver.

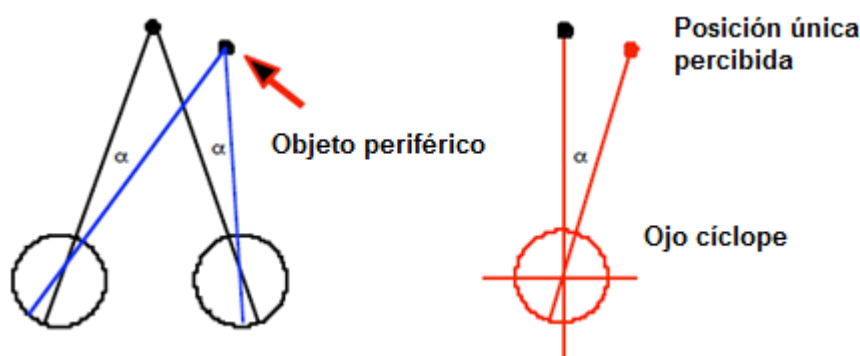
Para resumir, el cerebro utiliza información direccional óculo-céntrica de cada ojo y crea un Nuevo sentido egocéntrico que puede ser distinto al de la dirección óculo-céntrica. Normalmente la percepción binocular de dirección es egocéntrica, es decir, que las direcciones visuales son relativas a un punto en la cabeza conocido como el egocentro. Nuestro cerebro computa la dirección visual de los objetos basándose en:

1. La dirección óculo-céntrica (retinal) de cada ojo y
2. La orientación direccional de cada ojo

## DIPLOPIA HOMÓNIMA Y HETERÓNIMA

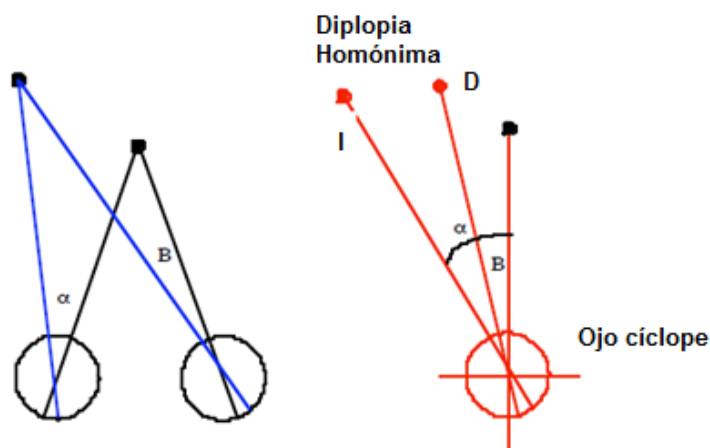
La figura 16.3 ilustra como percibimos la posición de los objetos que se localizan en algún punto diferente al punto de fijación. Muestra como ambos ojos fijan un objeto que se encuentra en la línea media, con otro objeto al lado derecho.

Basándonos en los principios de dirección visual de Hering, una línea visual desde un objeto periférico puede dibujarse para el ojo izquierdo y el derecho. La línea visual del ojo izquierdo forma un ángulo ( $\alpha$ ) con la línea visual primaria. La línea visual del ojo derecho también forma un ángulo (también  $\alpha$ ) con respecto a su línea visual primaria. Ambas líneas visuales son transferidas al ojo cíclope. El eje visual del ojo cíclope es derecho al frente.



**Figura 16.3** Como percibimos la posición de los objetos que se localizan en algún punto diferente al punto de fijación. Muestra como ambos ojos fijan un objeto que se encuentra en la línea media, con otro objeto al lado derecho.

La línea visual para el objeto periférico para el ojo izquierdo está inclinada en un ángulo  $\alpha$ , para el derecho en el ojo cíclope. La línea visual del ojo derecho también se inclina en un ángulo alfa para el derecho. Las dos líneas visuales se superponen, y la percepción del ojo cíclope es de un solo objeto periférico ubicado en un ángulo  $\alpha$  hacia la derecha.



**Figura 16.4** Ambos ojos fijan derecho al frente, pero también ven un objeto que está más lejano y hacia el lado izquierdo del punto de fijación.

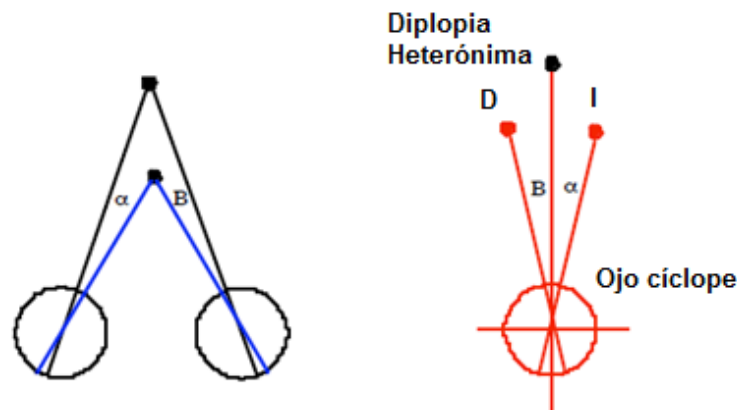
En la figura 16.4, ambos ojos fijan derecho al frente, pero también ven un objeto que está más lejano y al lado izquierdo del punto de fijación. Los ángulos para ambas líneas visuales óculo-céntricas son  $\alpha$  y B. Como ambas líneas visuales son transferidas al ojo cíclope y tienen ángulos distintos, el objeto se ve en dos direcciones visuales diferentes al mismo tiempo. Por tanto la persona percibe diplopia. Ya que la imagen doble hacia el lado izquierdo es percibida por el ojo izquierdo y la imagen doble hacia el lado derecho es percibida por el ojo derecho, se habla de una diplopia homónima.

**\* Los objetos localizados más allá del punto de fijación son vistos en diplopia homónima.**

En la figura 16.5, ambos ojos fijan derecho al frente, pero ven otro objeto que se encuentra más cerca al punto de fijación. Los ángulos para ambas líneas óculo-céntricas son  $\alpha$  y  $\beta$ . Son iguales en magnitud, pero, opuestas en dirección (una hacia la derecha, otra hacia la izquierda). Las líneas visuales, cada una con un diferente ángulo, tienen diferente dirección visual. Estas son transferidas al ojo cíclope y el objeto cercano es visto en dos diferentes direcciones visuales (diplopia). La imagen vista hacia la izquierda es percibida por el ojo derecho, mientras que la imagen hacia la derecha es percibida por el ojo izquierdo, esto se conoce con el nombre de **diplopia heterónima**.

**\* Los objetos más cercanos que el punto de fijación son percibidos en diplopia heterónima.**

La diplopia homónima y heterónima son consecuencias normales de como nuestro sistema visual combina los estímulos de ambos ojos, por tanto son ejemplos de nuestra diplopia **fisiológica**.



**Figura 16.5** Ambos ojos fijan derecho al frente, pero ven un objeto localizado antes del punto de fijación.

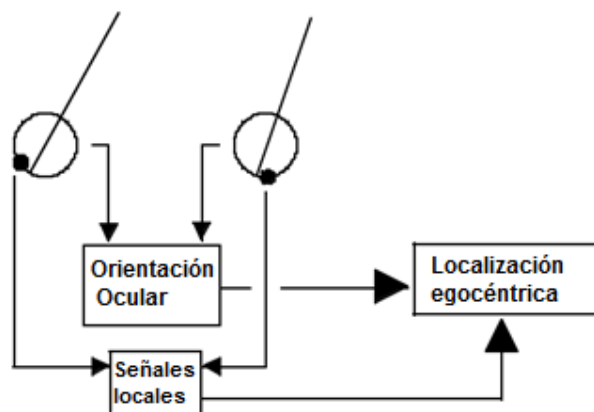
Desde este análisis, basado en las leyes de Hering y el concepto del ojo cíclope, se puede concluir que un objeto se percibirá en visión sencilla si el ángulo de la línea visual en cada ojo es el mismo y tiene la misma dirección (Figura 16.3). Esto es cierto para objetos que se encuentren en la línea visual primaria (eje visual) o para los objetos periféricos en otras líneas visuales.

Cuando las líneas visuales en ambos ojos no son iguales, se espera que la persona perciba diplopia al ver binocularmente. Esto es consistente con la observación de Wells, quien decía que una imagen se verá sencilla si se encuentra en el punto de intersección de ambos ejes visuales, pero puede verse doble si no está en dicha intersección.

## LA INFORMACIÓN VISUAL EN CASOS DE FIJACIÓN FUERA DEL EJE

Los mismos principios aplican cuando los ojos están fijando un objeto hacia la derecha o izquierda, pero, además de la información óculo-céntrica (señal local), el sistema visual también tiene en cuenta la dirección en la cual los ojos están apuntando. Recuerde que cuando el cerebro computa la dirección binocular de un objeto, usa dos sets de información de los ojos:

- Dirección visual óculo-céntrica o retinocéntrica (**señal local**)
- Información propioceptiva y neural que indica la dirección en la que los ojos están apuntando. La dirección del ojo cíclope es el promedio de las direcciones de ambos ojos. Esto se resume en la figura 16.6, a continuación.



**Figura 16.6** La dirección del ojo cíclope es el promedio de la dirección de ambos ojos

Estos principios, al igual que las leyes de Hering y el concepto del ojo cíclope, pueden ilustrarse en una gran cantidad de ejemplos clínicos.

## APLICACIONES CLÍNICAS

### a) COVER TEST Y EL MOVIMIENTO PHI

Este conocimiento nos ayuda a entender porque, durante el cover test alternante, los pacientes con exoforia ven “con” el movimiento y los pacientes endofóricos ven “contra” el movimiento.

La figura 16.7 muestra el ejemplo de un paciente con exoforia fijando un objeto en visión próxima. Cuando el ojo derecho es ocluido, se desvía a su posición de reposo, que es en dirección exo. El ojo izquierdo fija fovealmente el objeto.

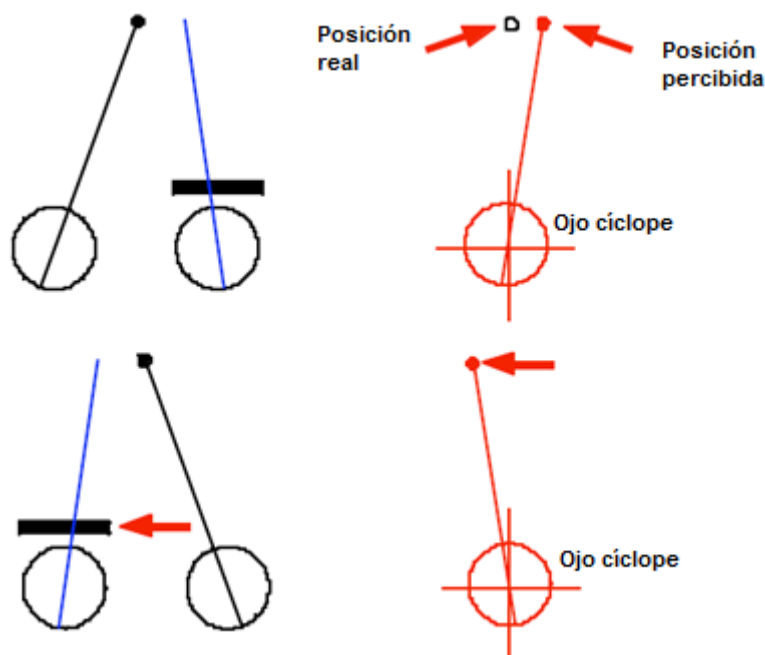
*P. ¿ Qué información de posición recibirá el cerebro, de ambos ojos, para determinar la localización (dirección) del objeto?*

- 1) La información de la señal local del ojo izquierdo dice que el objeto se encuentra en el eje. Su dirección óculo-céntrica es derecho al frente. No existe información disponible del ojo derecho pues está ocluido.
- 2) La información propioceptiva dice que el ojo izquierdo está apuntando hacia la derecha, por ejemplo 7 dioptrías prismáticas, mientras que el ojo derecho está apuntando a la izquierda en un ángulo menor, tal vez 4 dioptrías prismáticas (postura exo). La suma neta de ambas direcciones hace que el eje visual cíclope se incline levemente hacia la derecha.

Combinando la información de los numerales 1 y 2, la proyección cíclope y la percepción de dirección binocular del objeto es levemente desplazada hacia la derecha de su posición real.

Cuando el ocluidor se pone en el ojo izquierdo (Figura 3.7), el ojo derecho fija, mientras que el ojo izquierdo se va a una posición de exo. La señal local del ojo derecho indica que el objeto está en el eje, mientras que la orientación de los dos ejes visuales es levemente hacia la izquierda. Combinando esta información, la percepción binocular informará que el eje cíclope está orientado hacia la izquierda y el objeto está en eje. Por lo tanto, el objeto parece estar levemente hacia la izquierda del centro.

Note que el **objeto parece moverse en la misma dirección en la que se mueven los ojos**. Cuando el ojo exofórico es desocluído y recupera la fijación se mueve hacia dentro, que es la misma dirección en la que se mueve el ocluidor. Por lo tanto el paciente dice que el objeto de fijación pareciera moverse “con” el ocluidor.



**Figura 16.7** Cuando el ocluidor se pone en el ojo izquierdo el ojo derecho fija, mientras que el ojo izquierdo se va a una posición de exo

En el caso de un paciente endofórico, el ojo ocluido se moverá hacia dentro. Al ser desocluido el ojo se moverá hacia afuera, es decir en posición opuesta al ocluidor. El paciente por tanto, dirá que el objeto de fijación parece moverse “en contra” del ocluidor.

Como ejercicio, se debe emplear la misma idea ilustrada en la figura 3.7 en un caso de un paciente con endoforia para entender porque él/ella verá en contra del movimiento. Esto ilustra el hecho de que el sentido de dirección binocular depende, no solo de la señal local retinal de cada ojo, sino de la dirección en la que los ojos apuntan. Resulta interesante saber que esto también se da en condiciones monoculares, que es lo que el cover test alternante recrea, ya que el objeto se percibe con un solo ojo.

## b) EXAMEN DE FUSIÓN VERGENCIAL (BASE INTERNA/EXTERNA A BORROSIDAD, DIPLOPIA Y RECUPERACIÓN)

Los mismos principios pueden ser empleados para explicar por qué, durante el examen de fusión vergencial, el objeto parece estar centrado cuando el paciente fusiona con ambos ojos, pero, tan pronto el paciente comienza a suprimir, el objeto se moverá en dirección al ápice a medida que se aumenta el poder. Por ejemplo, si la misma cantidad de base externa se aumenta en ambos ojos, el objeto parecerá moverse nasalmente para cada ojo y ambos ojos rotarán nasalmente para mantener la fijación. La información de la señal local de ambos ojos dice, “fijación foveal”. Ya que ambos ojos estarán convergiendo en igual magnitud, pero, en direcciones opuestas, la dirección neta asignada por el ojo cíclope será derecho al frente. El objeto, por tanto, se percibirá sobre la línea media.

Suponga que el ojo derecho comienza a suprimir, y rompe la fusión. En ese momento, la señal local y la información de orientación del ojo derecho se pierde. El ojo izquierdo mantendrá una fijación foveal y estará rotando nasalmente (hacia la derecha). Esta orientación hacia la derecha, por el ojo izquierdo, no es balanceada por la orientación hacia la izquierda (convergencia) del ojo derecho. De hecho, una vez que la fusión se rompe, ambos ojos empiezan a rotar hacia la derecha. La información de dirección visual de ambos ojos moviéndose hacia la derecha, harán parecer que el objeto se mueve hacia la derecha. El movimiento hacia la derecha continuará a medida que se aumente el poder en base externa del prisma.

Recuerde entonces, que si está evaluando las reservas fusionales y el paciente nunca reporta ver doble, pregúntele si el objeto se mueve y cuando se mueve. Cuando éste notifica el movimiento del objeto, usted puede inferir que está iniciando a suprimir un ojo, lo que indica que ese es el límite de su fusión binocular (Ver Steinman p.145)

## BIBLIOGRAFÍA

Howard IP and Rogers BJ. **Binocular Vision and Stereopsis**, Oxford University Press, New York. 1995.

Benjamin, W. Borish's **Clinical Refraction**. WB Saunders, Philadelphia. 2006.

- Ciuffreda KJ and Tannen B. **Eye Movement Basics for the Clinician**. Mosby, St. Louis, 1995.
- Hart W. **Adler's Physiology of the Eye, 9th Ed**. Mosby Yearbook, St. Louis. 1992.
- Steinman et al. **Foundations of Binocular Vision**. McGraw-Hill, New York, 2000.
- Regan D. **Binocular Vision (Vol 9 in Vision and Visual Dysfunction, 1991)**.
- Reading RW. **Binocular Vision**. Butterworth Publishers, Woburn, MA, 1983.
- Schwartz S. **Visual Perception - 2nd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, CT, 1999.
- Griffin JF. **Binocular Anomalies - Diagnosis and Vision Therapy, 3rd Edition**, Butterworth-Heinemann, 1995.
- Kaufmann, PL. **Adler's Physiology of the Eye, 10th Ed**. Mosby, St. Louis, 2003.
- Moses, RA. **Adler's Physiology of the Eye, 8th Ed**. Mosby Yearbook, St. Louis. 1987.
- Kandel. **Essentials of Neural Science and Behavior**, Appleton & Lange, 1995.