



LEIS DE HERING; DISPARIDADE CRUZADA E NÃO-CRUZADA

AUTOR

Thomas Salmon: Northeastern State University, USA

REVISOR

Scott Steinman: Southern California College of Optometry, USA

INTRODUÇÃO

Quase 100 anos após Wells, Hering desenvolveu as famosas leis de orientação visual que nos ajudam a entender a localização aparente dos objectos em visão binocular normal.

LEIS DA DIRECÇÃO VISUAL DE HERING

O conceito fundamental nas leis de Hering é a presença de uma **linha visual**. É definida como uma linha que passa através de um objecto no campo visual de um olho, através do ponto nodal, (Steinman refere pupila de entrada) até à retina. As linhas visuais podem ser utilizadas para objectos localizados em qualquer local do campo visual, incluindo o ponto de fixação, bem como objectos de periféricos. O *eixo visual* é a **principal linha visual**, uma vez que passa através do objecto de fixação para a fóvea (Figura 16.1). Outras linhas visuais apontam para objectos localizados fora do eixo visual, e esses são associados a pontos sobre a retina com excepção da fóvea.

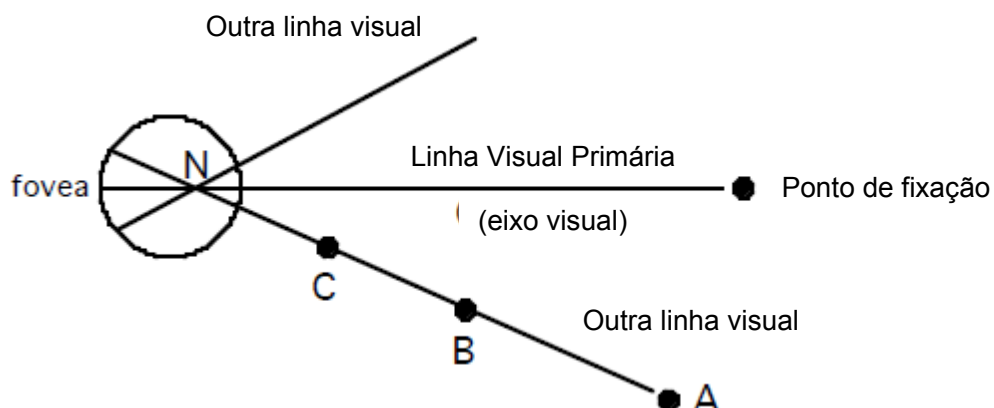


Figura 16.1 Terminologia de Hering para um olho

Segue-se um breve resumo das leis de Hering sobre direcção visual:

<p>1. LEIS DE DIREÇÃO VISUAL OCULOCÊNTRICA</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Todos os objectos que se encontram numa determinada linha visual no espaço objecto formam imagens sobre o mesmo ponto da retina e, portanto, têm a mesma direcção visual (pontos A, B, C na Figura 3. 1). ▪ Cada linha visual e o respetivo ponto da retina têm uma direcção visual oculocêntrica única associada ao mesmo. ▪ As imagens que incidem sobre diferentes locais da retina são percecionadas de diferente forma. Cada neurónio da retina tem associado uma determinada direcção visual. Quer o neurónio seja estimulado por uma imagem, luz exterior ou outra coisa, este estimulará sempre o mesmo sentido de direcção. A direcção associada a um determinado neurónio é conhecida como o seu senal local. (Ver Steinman, Foundations of Binocular Vision, p. 10) Outros neurónios de ordem superior (LGN, córtex visual) também têm sinais locais associados.
<p>2. LEIS DE DIREÇÃO VISUAL EGOCÊNTRICA (CICLOPE)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ As posições de todos os objectos no espaço são julgadas como se vistos pelo olho ciclope. ▪ Um objecto na linha visual primária de qualquer olho parecerá estar na linha visual primária do olho ciclope. ▪ Se um objecto periférico e a sua linha visual fizerem um ângulo com a linha visual principal num olho, irá parecer fazer o mesmo ângulo com a linha visual correspondente relativamente à linha visual primária do olho ciclópico. <p>Estas leis irão ajudá-lo a compreender como a direcção visual oculocêntrica contribui para direcção egocêntrica, ao usar o conceito de um olho ciclope.</p>

3. LEIS DE DIRECÇÕES VISUAIS IDÊNTICAS OU DIRECÇÃO VISUAL BINOCULAR

- Cada linha visual no campo visual de um olho tem uma linha visual correspondente no outro olho, e as linhas visuais correspondentes têm percepções idênticas da direcção visual.
- A direcção visual de imagens fundidas que incidem em pontos de retina ligeiramente diferentes é a média dos dois sentidos visuais. Isso permite que os olhos mantenham a fusão binocular, mesmo se os dois olhos não estão a fixar de forma absolutamente perfeita.

A fusão binocular refere-se ao fenómeno em que uma imagem vista pelos dois olhos é "fundida" numa imagem. Se houver um conflito na direcção visual de duas imagens, a direcção percebida binocularmente é a da imagem dominante. Imagens amplamente dispares (linhas visuais significativamente não-correspondentes) são vistas em duas direcções visuais diferentes (diplopia). Ou seja, elas não podem ser fundidas. Hering descreveu, no seu livro, uma experiência de visão binocular clássica Spatial sense and movement of the eye (1879). Veja a tradução inglesa por Hurvich e Jameson, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1942. p. 38.

Coloque o observador a aproximadamente a meio metro de uma janela que ofereça uma vista para o exterior, mantenha-lhe a cabeça muito estável, feche o olho direito e direcione o esquerdo para um objecto localizado à direita. Vamos supor que é uma árvore, a qual se destaca bem no seu meio envolvente. Ao mesmo tempo que fixa a árvore com o olho esquerdo, uma marca preta é feita na janela e na mesma linha da árvore. Agora o olho esquerdo está fechado e o direito aberto e dirigido para o ponto na janela e, para além disso, para um algum objecto alinhado com este, por exemplo, uma chaminé. Em seguida, com os dois olhos abertos e direccionados para este local, partes da árvore e da chaminé estarão tapadas. Ambos serão vistos simultaneamente, ora a árvore mais nitidamente, ora, a chaminé e por vezes ambos irão ver-se bem, dependendo qual a imagem do olho, que está a ganhar o conflito. . Portanto, vê-se o ponto na janela, a árvore e a chaminé na mesma direcção. (De Howard & Rogers, p. 594)

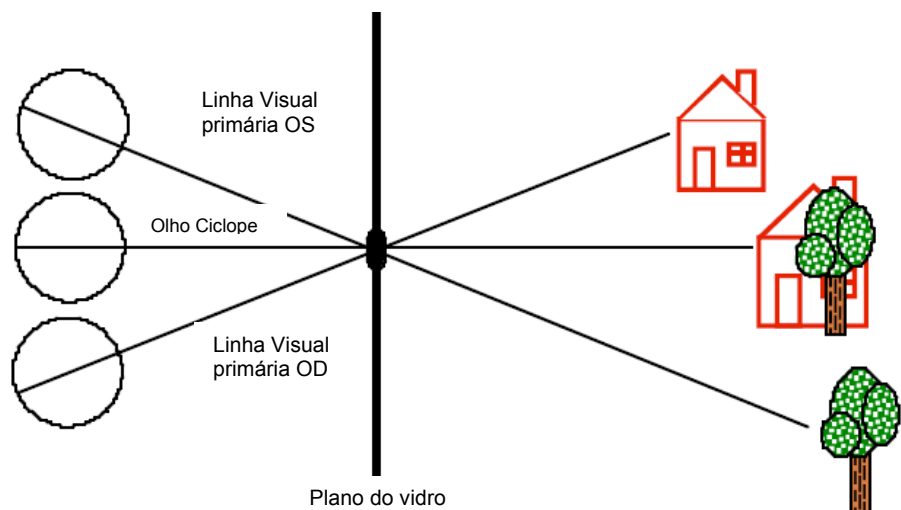


Figura 16.2 Ilustração da famosa experiência de Her.
(Ver Steinman, *Foundations of Binocular Vision* Fig. 2-9.)

As leis de Hering ajudam-nos a transferir informação visual para o olho ciclope, então veja o que a pessoa deve ver em visão binocular normal.

Para sumarizar, o cérebro usa os dados direcionais oculocêntricos de cada olho, e cria um novo sentido egocêntrico de direcção que pode ser diferente de qualquer direcção oculocêntrica. Normalmente, a percepção binocular da direcção é egocêntrica; isto é as direcções visuais são todas relativas ao ponto na nossa cabeça indicado como egocentro. O nosso cérebro processa a direcção visual de objetos baseado em:

1. Direcção oculocêntrica (retiniana) em cada olho, e
2. A orientação direcional de cada olho.

DIPLOPIA CRUZADA E NÃO-CRUZADA

A Figure 16.3 3 indica como percecionamos a posição de objectos que estão localizados num ponto diferente do ponto de fixação. Mostra ambos os olhos a fixar um objecto na linha mediana, com outro objecto à direita.

Com base nos princípios na direcção visual de Hering, pode-se traçar uma linha visual do objecto periférico para o olho esquerdo e direito. A linha visual do olho esquerdo faz um ângulo (α) com a linha visual primária. A linha visual do olho direito também faz um ângulo (também α) relativamente à sua linha visual primária. Ambas as linhas visuais são transferidas para o olho ciclope. O eixo visual de olho ciclope está localizado à frente.

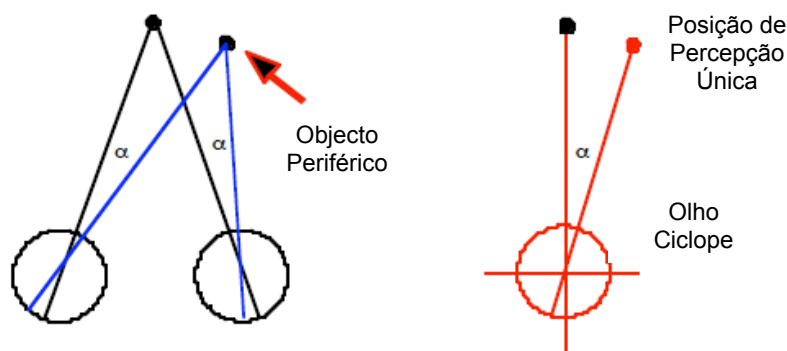


Figura 16.3 Como percecionamos a posição dos objectos que estão realmente localizados num ponto diferente do ponto de fixação. Mostra ambos os olhos a fixar um objecto na linha mediana com outro objecto à direita.

A linha visual para o objecto periférico do olho esquerdo é inclinada um ângulo α para a direita no olho ciclope. A linha visual do olho direito também está inclinada a um ângulo alfa para a direita. As duas linhas visuais sobrepõem-se e a percepção ciclope é de um objecto periférico localizado em um ângulo α à direita.

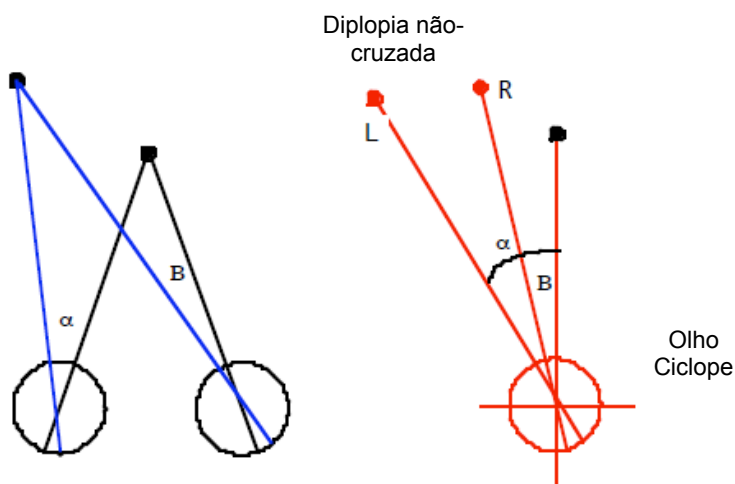


Figura 16.4 Ambos os olhos fixam-se à frente, mas veem um objecto que está para além e para a esquerda do ponto de fixação

Na Figura 16.4 ambos os olhos fixam em frente, mas vêem um objecto que está para além e para a esquerda do ponto de fixação.

Os ângulos para as duas linhas oculocêntricas visuais são α e β . As duas linhas visuais são transferidas para o olho ciclope, e uma vez que os ângulos são diferentes, o alvo é visto em dois sentidos visuais diferentes ao mesmo tempo. A pessoa percebe a diplopia. Uma vez que a imagem diplópica para a esquerda é aquela vista pelo olho esquerdo e a imagem diplópica vista à direita é percebida pelo olho direito, a isto chama-se diplopia **não cruzada**.

*** Os objectos localizados para além do ponto de fixação são vistos em diplopia não-cruzada.**

Na Figura 16.5, ambos os olhos fixam em frente mas, vêem outro objecto localizado mais próximo do ponto de fixação. Os ângulos para as duas linhas visuais oculocêntricas são α e β . São iguais em magnitude mas, opostos em direcções (um para a direita, outro para a esquerda). As linhas visuais, cada uma com um ângulo diferente, tem uma direcção visual diferente. Estas são transferidas para o olho ciclope e, o objecto próximo é visto em duas direcções visuais diferentes (diplópica). A imagem para a esquerda é vista pelo olho direito enquanto a imagem do olho direito é vista pelo olho esquerdo. É designada por **diplopia cruzada**.

*** Os objectos mais próximos que o ponto de fixação são vistos em diplopia cruzada.**

A diplopia cruzada e não cruzada são consequências normais de como os sistemas visuais combinam a informação de entrada dos dois olhos, portanto são exemplo de diplopia **fisiológica**.

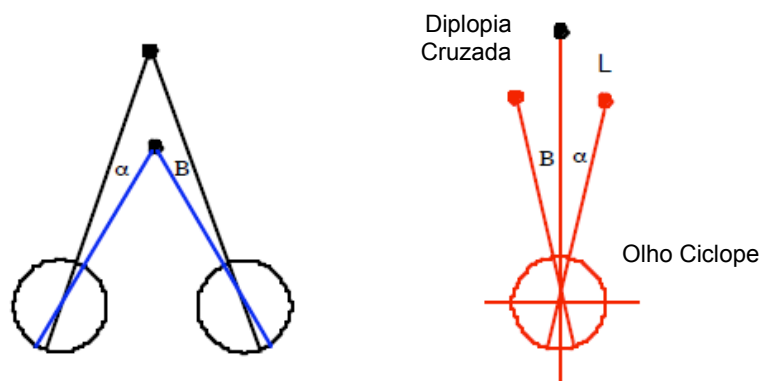


Figura 16.5 Ambos os olhos fixam em frente, mas vêem outro objecto situado mais perto do que o ponto de fixação

A partir dessas análises, com base nas leis da Hering e o conceito de olho ciclope, podemos concluir que um objecto aparecerá como visão binocular única se o ângulo da linha visual em cada olho for o mesmo (Figura 16.3). Isso é verdadeiro para objectos nas linhas visuais primárias (eixos visuais) ou para objectos periféricos noutras linhas visuais.

Quando as linhas visuais nos dois olhos não são iguais, esperamos que a pessoa veja diplopia ao ver binocularmente. Isso é consistente com a observação Well onde uma imagem aparecerá única se estiver situada na intersecção dos dois eixos visuais, mas pode ser dupla quando não estiver na intersecção.

COMBINAR INFORMAÇÃO DE ENTRADA COM FIXAÇÃO EXCÊNTRICA

Os mesmos princípios aplicam-se quando os olhos estão a fixar um objecto para a direita ou esquerda, mas para além da informação (sinal local) oculocêntrica, o sistema visual irá também ter em conta a direcção para onde os olhos estão a olhar. Lembre-se que, quando o cérebro calcula a direcção binocular de um objecto, ele usa dois conjuntos de dados a partir dos dois olhos:

- Direcção de visual oculocêntrica ou retinocêntrica (**sinal local**)
- Os dados proprioceptivos e neurais indicam a direcção para onde os olhos estão a olhar. A direcção do olho ciclope é a média das direcções dos dois olhos. Isso está resumido na Figura 16. 6.

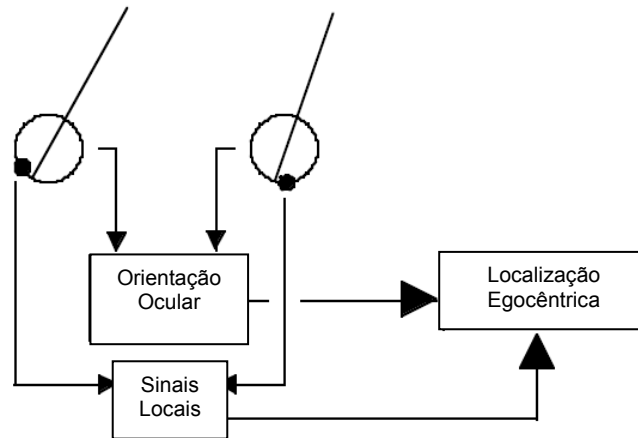


Figura 16.6 A direcção do olho ciclope é a média das direcções dos dois olhos

Estes princípios, bem como as leis da Hering e o conceito de um olho ciclope, podem ser ilustrados por vários exemplos clínicos.

APLICAÇÕES CLÍNICAS

a) COVER TEST E MOVIMENTO PHI

Este conhecimento ajuda-nos a compreender a razão pela qual, durante o cover test alternante, o paciente exofórico vê movimento "com" e o paciente esofórico vê o movimento "contra".

A figura 16. 7 mostra o exemplo de uma pessoa exofórica a fixar um objecto de perto. Uma vez que o olho direito está tapado, ele desvia-se da sua posição de descanso, o qual está em direcção exofórica. O olho esquerdo está a fixar o objecto na fóvea.

P. Quais os dados de posição recebidos pelo cérebro através dos olhos aquando da formulação do local (direcção) do objecto?

- 1) Sinal local de informações a partir do olho esquerdo indica que o objecto está no eixo. A sua direcção visual oculocêntrica está em frente. Não há nenhum sinal local de dados disponíveis a partir do olho direito uma vez que está tapado.
- 2) A informação propriocetiva indica que o olho esquerdo está a apontar para a direita, por exemplo 7 dioptrias prismáticas, enquanto o olho direito está a apontar para a esquerda num ângulo menor, talvez 4 dioptrias prismáticas (postura exo). A soma líquida de ambas as direcções faz com que o eixo visual ciclope incline ligeiramente para a direita.

Ao combinar as informações da alínea 1) e 2), a projecção ciclope e a direcção binocular percebida do objecto está ligeiramente à direita da sua verdadeira posição.

Quando o oclisor passa para o olho esquerdo (Figura 16.7 abaixo), o olho direito começa a fixar, enquanto o olho esquerdo se desloca para fora no sentido da sua posição de exofórico. Entrada de sinal local do olho direito indica que o objecto está no eixo, enquanto a orientação da média dos dois eixos visuais está ligeiramente para a esquerda. Combinando esta informação, a percepção binocular é que o eixo ciclope está orientado ligeiramente para a esquerda, e o objecto está no eixo. Assim, o objecto parece estar ligeiramente para a esquerda do centro.

Note que **o objecto parece mover-se no mesmo sentido que o olho**. Quando o olho exofórico está desocluído e toma a fixação move-se para dentro, que é a mesma direcção na qual o oclisor se move. Assim o paciente diz que o objecto de fixação parece mover-se "com" o oclisor.

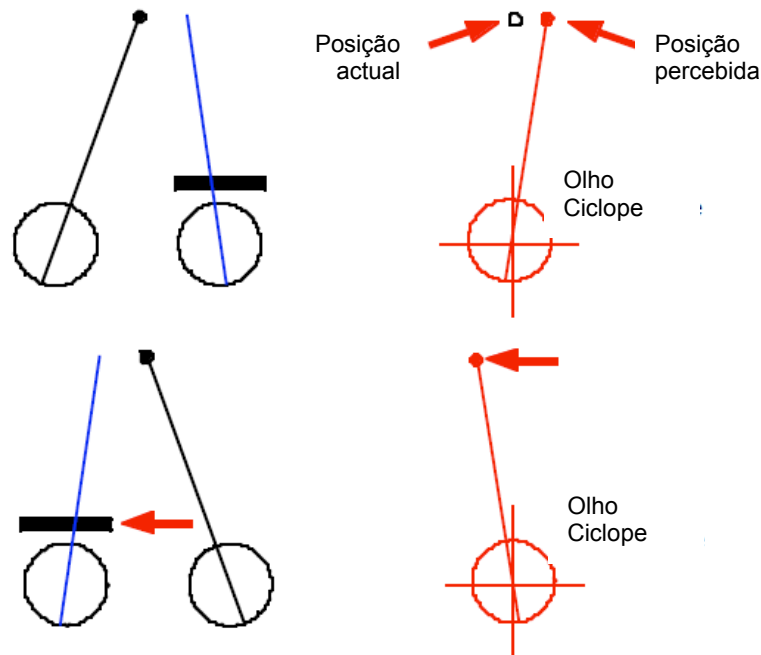


Figura 16.7 Quando o oclutor é deslocado para o olho esquerdo, o olho direito fixa enquanto o olho esquerdo se desloca para fora, para a sua posição exofórica

No caso de um paciente esofórico, o olho tapado vai girar para dentro. Quando destapado, esse olho vai girar para fora, o qual está no lado oposto ao sentido do oclutor. O paciente dirá que o objecto parece deslocar-se “contra” o oclutor.

Como exercício, deve usar a mesma lógica ilustrada na Figura 16. 7 com o caso de um paciente esofórico para compreender por que ele vai ver contra o movimento. Estes ilustram o facto bem estabelecido de que o sentido da direcção binocular depende, não só do sinal local da retina de cada olho, mas também da direcção para onde apontam os olhos. Curiosamente, isso acontece também em condições de visão monocular, nomeadamente no cover test alternado, uma vez que o objecto é visto apenas por um olho.

b) TESTE DE VERGÊNCIAS FUSIONAIS (BASE INTERNA/EXTERNA DESFOCAGEM, RUTURA, RECOBRO)

Os mesmos princípios podem ser usados para explicar por que razão, durante os testes de vergência fusional (base interna ou base externa para desfocagem/ruptura/recobro), o objecto aparece centrado centro quando a pessoa está a fundir com ambos os olhos, mas, logo que a pessoa começa a supressão, o objecto parecerá deslocar-se na direcção do vértice do prisma à medida que a potência é incrementada. Por exemplo, se quantidades iguais de prisma BExt são colocadas em frente de cada olho, o objecto parecerá deslocar-se para o nariz para cada olho e ambos os olhos irão rodar para o nariz para manter a fixação central. As informações de sinal local de ambos os olhos indicam “fixação central”. Uma vez que ambos os olhos vão convergir, igualmente, mas em direcções opostas, a direcção atribuída ao olho ciclope está em frente. O objecto aparece, portanto, permanecer na linha mediana.

Suponha que o olho direito começa a suprimir, até deixar de fundar. Nesse momento, os sinais locais e informações de orientações oculares do olho direito serão perdidos. O olho esquerdo ainda terá fixação foveal, e vai rodar para o nariz (à direita). Esta orientação da direita, do olho esquerdo, não é equilibrada pela orientação da esquerda (convergência) do olho direito. Na verdade, uma vez que a fusão é quebrada, ambos os olhos começaram a girar para a direita. Os dados da direcção visual dos dois olhos a desloca-se para a direita fará o objecto parecer mover-se para a direita. Ele continuará a mover-se para a direita à medida que a potência do prisma BInt é incrementada.

Lembre-se, que se estiver a fazer o teste de desfocagem/rutura/recobro e o paciente nunca vir a duplicar, perguntar-lhe se e quando o alvo começa a mover. Quando ele perceber movimento, vai saber que ele começou a suprimir um olho e esse é o limite da fusão binocular (ver Steinman p. 145).

REFERÊNCIAS

- 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.