BrienHoldenVisionInstitute

THỊ GIÁC LẬP THỂ I

TÁC GIẢ

Thomas Salmon: Đại học Northeastern State, Hoa kì

THẨM ĐỊNH

Scott Steinman: Đại học khúc xạ nhãn khoa Nam California, Hoa kì

KHÁI QUÁT VỀ CẢM GIÁC LẬP THỂ

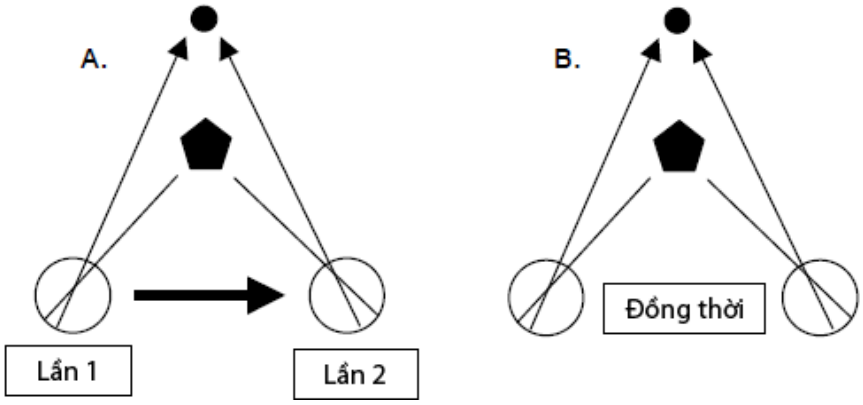
NHẬN THỨC THỊ GIÁC	A. Những vật gì (xử lí ảnh) 1. Thị lực không gian (sự tạo thành ảnh võng mạc, quá trình xử lí thần kinh, độ nhạy tương phản, v.v.). 2. Cảm nhận màu 3. Thị lực thời gian 4. Thích ứng thị giác B. Chúng ở đâu (nhận thức không gian) 1. Thị hướng • Định vị theo võng mạc • Định vị theo cơ thể 2. Cảm giác lập thể • Tín hiệu độ sâu một mắt o Tín hiệu hình ảnh (kích thước, vật xen giữa, phối cảnh đường thẳng, các bóng tối, v.v.) o Thị sai chuyển động o Hiệu ứng độ sâu động • Cảm giác lập thể hai mắt o Thị giác lập thể

HÌNH HỌC CỦA THỊ GIÁC LẬP THỂ

Như chúng ta đã học ở phần trước, **thị giác lập thể** được coi là lợi ích lớn nhất của thị giác 2 mắt. Trong số các độ hợp thị 2 mắt (các độ hợp thị Worth), độ cao nhất là thị giác lập thể. Thị giác lập thể mang lại cho chúng ta cảm giác lập thể đặc biệt chính xác ở khoảng gần và tăng đáng kể nhận thức không gian. Đo thị lực lập thể là một trong các khám nghiệm quan trọng nhất bạn có thể làm khi khám mắt trẻ em, bởi vì nó mang lại nhiều thông tin về sự phát triển hệ thống thị giác của một đứa trẻ. **Thị giác lập thể** là cảm giác độ sâu duy nhất được gây ra bởi **chênh lệch võng mạc**.

Câu hỏi Chênh lệch võng mạc là gì?

Trả lời Thị giác lập thể dựa vào thực tế là mỗi mắt nhìn thế giới từ một tư thế hơi khác nhau. Trong khi thị sai chuyển động (tín hiệu độ sâu một mắt) nhìn một vật khác nhau ở các thời gian khác nhau thì thị giác lập thể lợi dụng thực tế là 2 mắt của chúng ta đồng thời nhìn một vật ở các góc khác nhau. Hiện tượng này đôi khi được gọi là **thị sai hai mắt** (binocular parallax).



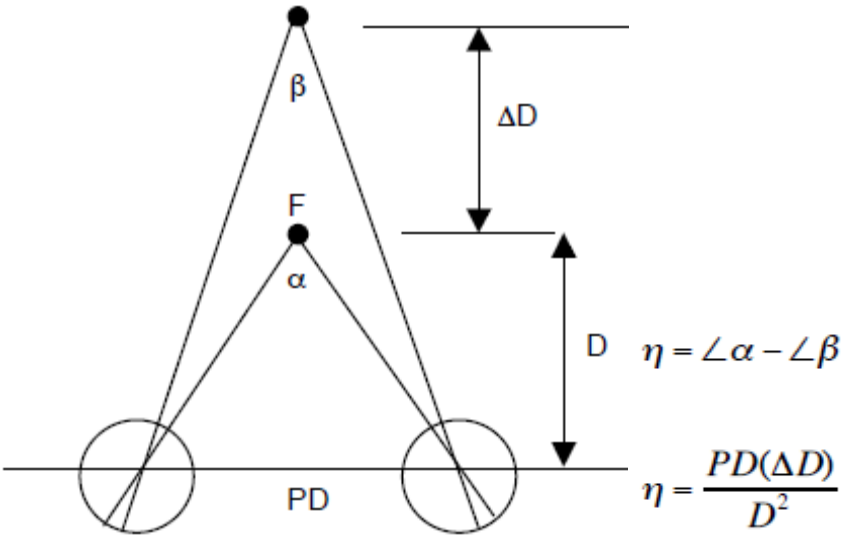
Hình 26.1 *So sánh thị sai chuyển động (A) và thị sai hai mắt (B).*

Thị giác lập thể cho cảm giác độ sâu tương đối (không *tuyệt đối*), do đó nó chỉ tồn tại khi ít nhất 2 vật được thấy. Xem xét trường hợp 2 mắt định thị một vật ở gần (*giả sử không có chênh lệch định thị*). Để có cảm giác lập thể, các vật phải nằm ở trước hoặc sau điểm định thị. Nếu các vật nằm ở thị trường ngoại vi thì chúng phải nằm ở xa hoặc gần vòng đồng thị để có thể kích thích thị giác lập thể.

Câu hỏi Tại sao không có cảm giác lập thể giữa điểm định thị và một điểm khác ở vòng đồng thị?

Trả lời Bất kì vật nào nằm ngoài vòng đồng thị sẽ có một độ nhỏ chênh lệch ảnh võng mạc 2 mắt. Tức là 2 ảnh võng mạc sẽ có thị hướng hơi khác nhau (hướng theo võng mạc) ở 2 mắt. Chênh lệch này ở võng mạc chính là yếu tố kích thích thị giác lập thể, và độ chênh lệch có thể được tính trong không gian vật bằng hình học như ở Hình 26.2.

Khi 2 vật ở các khoảng cách khác nhau thì góc hội tụ đến mỗi vật cũng khác nhau. Khoảng cách độ sâu có thể được tính như là một khoảng cách thẳng (ΔD), nhưng chúng ta thường biểu diễn chênh lệch như là độ chênh lệch góc. Độ chênh lệch góc trong không gian vật được gọi là **chênh lệch hình học** (geometric disparity).



Hình 26.2 *Hình học của thị giác lập thể.*

Chênh lệch hình học (η) là hiệu số giữa góc α và góc β (Hình 26.2). Bạn cũng có thể ước tính độ chênh lệch góc bằng công thức dưới, nó sử dụng khoảng cách lệch (ΔD), khoảng cách tới điểm định thị (D) và PD (khoảng cách đồng tử). Nếu tất cả các đơn vị tuyến tính như nhau (tức là milimét hoặc mét) thì giá trị η sẽ bằng radian. Công thức tính chênh lệch vị trí ảnh 2 mắt (η) từ độ lệch tuyến tính (ΔD) được rút ra như sau:

$$\angle\alpha = \frac{PD}{D} \qquad \angle\beta = \frac{PD}{(D + \Delta D)}$$

$$\eta = \angle\alpha - \angle\beta$$

$$\eta = \frac{PD}{D} - \frac{PD}{(D + \Delta D)} = \frac{PD(D + \Delta D) - PD(D)}{(D + \Delta D)}$$

$$\eta = \frac{PD(D) + PD(D + \Delta D) - PD(D)}{D(D + \Delta D)}$$

$$\eta = \frac{PD(\Delta D)}{D^2 + D(\Delta D)}$$

...Phương trình 26.1

Khi khoảng cách định thị gần, thí dụ trong tầm tay, thì giá trị của ΔD sẽ rất nhỏ so với D, do đó số hạng thứ hai ở mẫu số, D(ΔD), sẽ rất gần 0. Đôi khi nó được bỏ qua để đơn giản hóa công thức chênh lệch thành:

$$\eta = \frac{PD(\Delta D)}{D^2}$$

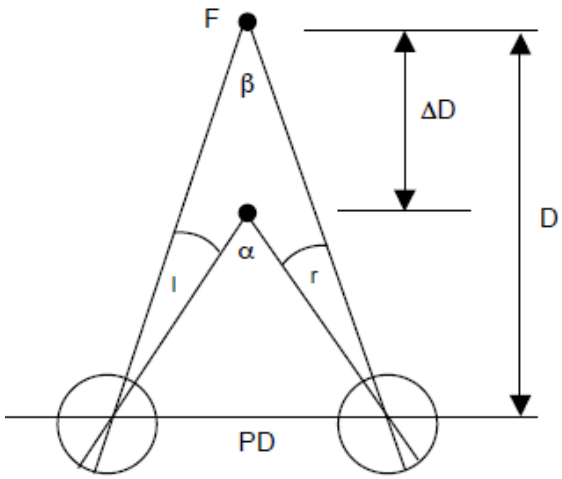
...Phương trình 26.2

Công thức này cho phép tính độ chênh lệch bằng radian (nếu PD, ΔD và D đều có cùng một đơn vị). Để chuyển giá trị η thành giây cung (đơn vị thường được dùng cho độ chênh lệch lập thể), phải nhân η với 206,265. Do đó, đôi khi thấy công thức này được viết như sau:

$$\eta = \frac{PD(\Delta D)}{D^2}(206{,}265)$$ ...Phương trình 26.3

Chú ý rằng, trong trường hợp này, giá trị η sẽ là giây cung.

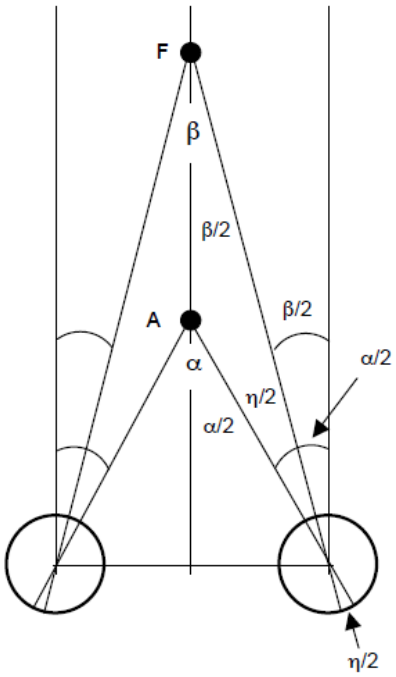
Ở một số tài liệu tham khảo về thị giác 2 mắt, góc chênh lệch hình học được tính là hiệu số giữa góc l và góc r như ở Hình 26.3. Điều này cũng cho kết quả giống như là hiệu số giữa góc α và góc β, nếu tôn trọng qui ước dấu nhất quán khi đo góc.



Hình 26.3 *Các góc được đề cập đến trong các vấn đề thị giác lập thể.*

MỐI QUAN HỆ GIỮA CHÊNH LỆCH HÌNH HỌC VÀ CHÊNH LỆCH VÕNG MẠC

Nhắc lại rằng **chênh lệch hình học** là chênh lệch giữa góc hội tụ vào điểm định thị và góc qui tụ vào một vật khác. Khi xem xét thị giác lập thể chúng ta thường tính chênh lệch ở không gian vật, với giả định là chênh lệch hình học và chênh lệch võng mạc bằng nhau. Điều này đúng hay chỉ là phép xấp xỉ?



Hình 26.4 *Chênh lệch hình học và chênh lệch võng mạc.*

Hãy xét một vật được định thị hoàng điểm (F) và một vật khác nằm ở đường giữa (A).
Ở sơ đồ trước, chúng ta định nghĩa chênh lệch hình học ngang (η) là góc α - góc β:

$$\eta = \angle\alpha - \angle\beta$$ ...Phương trình 26.4

Nếu chia đôi góc α và góc β ở đường giữa, chúng ta thấy rằng các góc trong xen kẽ (α/2) và (β/2) có thể được đo từ đường thẳng bên phải, song song với đường giữa. Đối với mắt phải, nửa khoảng cách góc giữa điểm F và điểm A là:

$$\eta/2 = \angle\alpha/2 - \angle\beta/2$$ ...Phương trình 26.5

Cần thấy rằng góc η/2 là kích thước góc của khoảng cách (FA) trên võng mạc của mỗi mắt. Ở võng mạc mắt phải, ảnh của điểm A nằm ở một góc η/2 ở bên phải (phía thái dương) của hoàng điểm. Hình học này cũng áp dụng cho mắt trái, chỉ khác là nó là ảnh gương của mắt phải. Do đó, ở võng mạc mắt trái, ảnh của điểm A sẽ nằm ở một góc η/2 ở bên trái hoàng điểm. Ảnh của điểm A rơi vào các điểm võng mạc không tương ứng, và tổng độ chênh lệch góc bằng:

$$\eta/2 + \eta/2 = \eta$$ ...Phương trình 26.6

Do đó, chênh lệch võng mạc tổng cộng của điểm A (khi định thị vào điểm F) bằng góc chênh lệch hình học η, nó là hiệu số giữa góc α và góc β. Tóm lại:

- Bất kì vật nào nằm gần hơn hoặc xa hơn so với điểm định thị sẽ có một góc chênh lệch hình học nhất định so với điểm định thị.
- Do 2 hoàng điểm hướng về phía điểm định thị, bất kì vật nào nằm gần hơn hoặc xa hơn sẽ kích thích các điểm võng mạc không tương ứng.
- Các điểm võng mạc không tương ứng là các điểm chênh lệch, tức là các điểm có thị hướng khác nhau ở 2 võng mạc.
- Tổng góc chênh lệch võng mạc (cộng của 2 mắt) sẽ bằng chênh lệch hình học.

CHÊNH LỆCH VỊ TRÍ ẢNH 2 MẮT VÀ CẢM GIÁC LẬP THỂ

Do 2 mắt cách nhau theo chiều ngang, chênh lệch hình học ngang sẽ tạo ra cảm giác lập thể. Chênh lệch hình học ngang là một tín hiệu độ sâu mạnh hơn nhiều ở khoảng cách gần.

- Giả dụ khoảng cách giữa 2 điểm là cố định, góc thị sai hai mắt các góc lớn hơn đối với các vật ở gần.
- Do đó chênh lệch giữa các góc thị sai (chênh lệch hình học) cũng lớn hơn. Điều này được minh họa bằng Hình 5-5 trong sách Khúc xạ lâm sàng của Borish.
- Trong hình đó, chênh lệch hình học gắn liền với độ dài của cây bút chì.
- Góc chênh lệch nhỏ hơn khi cây bút chì ở xa hơn.
- Nếu góc chênh lệch nhỏ hơn thì cây bút chì có trở thành ngắn hơn khi nó được di chuyển ra xa hơn không?
- Nếu các khoảng cách được nhận thấy giữa các vật là một hàm trực tiếp của chênh lệch hình học ngang thì cây bút chì sẽ ngắn hơn khi nó được di chuyển ra xa.

Thực tế điều này không xảy ra là một bằng chứng rằng hệ thống thị giác phụ thuộc vào các thông tin khác ngoài độ chênh lệch để tính khoảng cách tương đối đến vật hoặc kích thước vật. Hệ thống thị giác sử dụng tất cả những thông tin này, một mắt và hai mắt, (cũng như các thông tin khác, như kích thước vật đã biết) khi tính nhận thức khoảng cách.

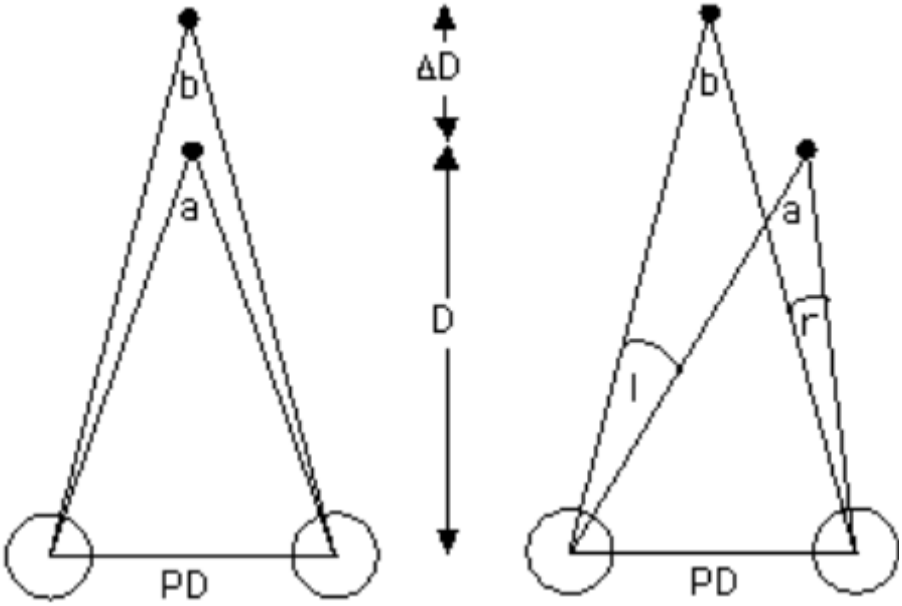
TÓM TẮT NHỮNG THÔNG TIN VỀ THỊ GIÁC LẬP THỂ

- Cảm giác lập thể là một cảm giác đặc biệt chỉ có khi nhìn 2 mắt
- Cảm giác lập thể chỉ là tương đối, không tuyệt đối.
- Nó đòi hỏi ít nhất 2 vật để so sánh.
- Có được thị giác lập thể là do thị sai hai mắt, tức là 2 mắt nhìn các vật từ các vị trí khác nhau.
- Ảnh của vật định thị rơi vào các điểm tương ứng (2 hoàng điểm), nhưng các vật ở gần hơn hoặc xa hơn điểm định thị sẽ rơi vào các điểm võng mạc không tương ứng.
- Chênh lệch võng mạc là kích thích cho thị giác lập thể.
- Có thể đo chênh lệch võng mạc ở không gian vật. Chênh lệch này được gọi là chênh lệch hình học. Như ở Hình 26.3, chênh lệch hình học bằng góc α-β hoặc cũng có thể nêu rõ là góc l-r. Điều này cũng áp dụng cho 2 vật ở trên đường giữa, nhưng trong trường hợp đó các góc, l và r có dấu trái ngược. Cũng có thể chỉ rõ độ chênh lệch bằng các số hạng tuyến tính, như khoảng cách ΔD.

Có thể có thị giác lập thể ở một dải rộng các độ chênh lệch võng mạc. Chênh lệch tối thiểu có thể dùng để tạo ra cảm giác nhìn lập thể là 2-10 giây cung. Có thể các ảnh lập thể với các độ chênh lệch lớn tới 600 giây cung (10 phút cung). Theo lí thuyết, vùng nhìn lập thể ở 2 bên vòng đồng thị hơi ra ngoài vùng Panum. Do đó, bạn vẫn có thể có thị giác lập thể ngay cả sau khi có song thị.

Nhắc lại công thức xấp xỉ liên hệ độ sâu tuyến tính (từ điểm định thị) với chênh lệch góc.

$$\eta = PD(\Delta D)/D^2$$



Hình 26.5 *Chênh lệch do các vật ở các khoảng cách khác nhau tạo ra chênh lệch võng mạc và thị giác lập thể.*

Để đánh giá thị giác lập thể, hãy tính như sau:

Câu hỏi Độ chênh lệch góc của một vật ở gần hơn điểm định thị 1 mm (ΔD) là bao nhiêu, nếu khoảng cách định thị là 40 cm (400 mm) và KCĐT là 64 mm?

$$\eta = PD(\Delta D)/D^2 = 64(1)/(400)^2 = 64/160000 = 0.0004$$

Cho kết quả bằng radian. Chuyển đổi thành giây cung. Kết quả này tương đương 82,5 giây cung, một độ chênh lệch lớn!

Câu hỏi Theo lí thuyết, một người có thị giác 2 mắt bình thường phải có thị lực lập thể nhỏ bằng 10 giây cung chênh lệch. Khoảng cách lệch (ΔD) tương ứng với độ chênh lệch này là bao nhiêu? Cũng dùng những thông số cho KCĐT và D như bài toán trên.

Đầu tiên, chuyển đổi 10 giây cung thành radian, kết quả là 0.000048 radian. Sắp xếp lại phương trình và giải cho ΔD.

$$\eta(D^2)/PD = \Delta D=(0.000048)(400^2)/64=0.12 \text{ mm}$$

Ở khoảng cách 40 cm, khi dùng thị giác lập thể, bạn phải cho biết được là một vật khác ở gần hơn điểm định thị khi nó đã được dịch chuyển chỉ 0,12 mm. Kết quả này cho thấy hiệu quả đáng ngạc nhiên của thị giác lập thể 2 mắt trong việc đánh giá độ sâu tương đối ở các khoảng cách gần.

Câu hỏi Chênh lệch KCĐT sẽ ảnh hưởng thế nào đến thị giác lập thể? (xem công thức).

GIỚI HẠN CỦA THỊ LỰC LẬP THỂ

Nếu độ chênh lệch quá nhỏ thì không đủ để kích thích thị giác lập thể. Như đã nêu ở trên, hầu hết các sách giáo khoa coi ngưỡng chênh lệch góc cho thị giác lập thể (còn gọi là **ngưỡng thị lực lập thể**) là **2-10 giây cung**, nó là một góc rất nhỏ.

Nếu vật được di chuyển ra xa điểm định thị thì chênh lệch hình học và chênh lệch võng mạc sẽ tăng. Cuối cùng chênh lệch võng mạc sẽ lớn đến mức ra ngoài vùng Panum, và vật sẽ được thấy thành 2 hình.
Đây là gần với độ chênh lệch tối đa có thể gây ra thị giác lập thể. Thị giác lập thể có thể có ở một tầm các khoảng cách kéo dài ra xa hơn và gần hơn vòng đồng thị. Điều này được minh họa ở Hình 5-6 ở sách Khúc xạ lâm sàng của Borish, nó cho thấy:

- Điểm định thị và vòng đồng thị nằm ở tâm của vùng nhìn lập thể.
- Ở 2 bên vòng đồng thị là vùng hợp thị 2 mắt, ở đây các ảnh được thấy là một hình. Vùng này tương ứng với khoảng không gian của vùng Panum
- Ngoài vùng này, ảnh sẽ được thấy thành 2 hình.
- Bên trái của hình 5-6 ở sách Khúc xạ lâm sàng của Borish có một vùng hẹp ở 2 bên vòng đồng thị, ở đó có thể có thị giác lập thể rõ ràng. Đây là thuật ngữ được sử dụng bởi Ogle cho thị lực lập thể chất lượng cao, trong đó độ sâu vật thấy được (thị lực lập thể định lượng) tỉ lệ với chênh lệch. Vùng này mở rộng một khoảng ngắn ra ngoài vùng Panum.
- Ngoài vùng này là một vùng mà ở đó các vật được nhận thấy là gần hơn hoặc xa hơn điểm định thị, nhưng không nhận thấy được độ sâu. Do chúng nằm ngoài vùng Panum nên cũng được thấy thành 2 hình. Vùng này được gọi là vùng thị lực lập thể định tính hoặc thị lực lập thể tiềm ẩn.
- Ngoài vùng này, chênh lệch quá lớn nên các vật chỉ được thấy thành 2 hình mà không có thị giác lập thể.
- Cần thấy rằng các vùng này rộng hơn ở thị trường ngoại vi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Schwartz S. **Visual Perception - 2nd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, CT, 1999. Chapter 10.

Steinman et al. **Foundations of Binocular Vision**. McGraw-Hill, New York, 2000. Chapter 7.

Cline D, Hofstetter HW and Griffin JR. **Dictionary of visual science. 4th Edition**. Butterworth-Heinemann, Michigan. 1997.

Benjamin, W. **Borish's Clinical Refraction**. WB Saunders, Philadelphia. 2006. Chapter 21.

Goss DA. **Ocular accommodation, convergence, and fixation disparity: A manual of clinical analysis**. Butterworth-Heinemann, Michigan. 1995.

Kaufmann PL, Alm A and Francis HA. **Adler's Physiology of the Eye, 10th Ed**. Mosby, St. Louis, 2003.

Schor CM and Cuifreda KJ. **Vergence eye movements: Basic and clinical aspects**. Butterworth, Michigan.1983.

Von Noorden GK. **Binocular Vision and Ocular Motility - 5th Edition**. Mosby, St. Louis. 1996.

Ciuffreda KJ and Tannen B. **Eye Movement Basics for the Clinician**. Mosby, St. Louis, 1995.

Griffin JF. **Binocular Anomalies - Diagnosis and Vision Therapy, 3rd Edition**, Butterworth-Heineman, 1995.

Kandel. **Essentials of Neural Science and Behavior**, Appleton & Lange, 1995.

Reading RW. **Binocular Vision**. Butterworth Publishers, Woburn, MA, 1983.

Hart W. **Adler's Physiology of the Eye, 9th Ed**. Mosby Yearbook, St. Louis. 1992.

Moses, RA. **Adler's Physiology of the Eye, 8th Ed**. Mosby Yearbook, St. Louis. 1987.