PHẢN XẠ TIỀN ĐÌNH-MẮT VÀ RUNG GIẬT NHÃN CẦU THỊ-ĐỘNG

TÁC GIẢ

Thomas Salmon: Đại học Northeastern State, Hoa kì

THẨM ĐỊNH

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

CHƯƠNG NÀY GỒM NHỮNG NỘI DUNG:

- Hệ thống tiền đình (phản xạ tiền đình-mắt)
- Hệ thống thị-động
- Bất thường chức năng tiền đình và thị-động

GIỚI THIỆU

- Con người là những sinh vật động, những thách thức thường xuyên đưa ra đối các hệ thống thị giác của chúng ta để duy trì thị giác tốt
- Bất cứ chuyển động nào, dù là chạy chậm, đi bộ, quay tròn, chơi bóng đá, v.v. đều đòi hỏi một trong 2 hệ thống chuyên dụng để giữ cho mắt nhìn cố định và rõ ràng, và cũng đảm bảo rằng cảnh vật không bị rung lắc và chuyển động cùng với chuyển động của cơ thể.
- **Hệ thống thị-động** và **hệ thống tiền đình** ngăn chặn rối loạn thị giác do các chuyển động này
- Các hệ thống này cho phép chúng ta thực hiện bất kì động tác nào mình muốn mà vẫn nhìn rõ
- Nếu có bất thường thì mỗi chuyển động của đầu cũng sẽ gây ra chuyển động của môi trường (còn gọi là hiện tượng nhìn thấy vật đu đưa).

HỆ THỐNG TIỀN ĐÌNH

	• Phản xạ tiền đình-mắt được điều khiển bởi hệ thống tiền đình. Nó là một phản xạ bình thường, gây ra tư thế bù trừ của 2 mắt khi đầu chuyển động. • Động tác liên hợp: cả 2 mắt di chuyển theo cùng một hướng nhưng ngược lại với hướng chuyển động của đầu. Điều này cho phép 2 mắt duy trì định thị vào vật tiêu, tức là nếu đầu chuyển động sang trái thì 2 mắt chuyển động sang phải. Đây là hiện tượng xảy ra ở bước 3 của test 3 bước Park. • Chức năng của phản xạ tiền đình-mắt là ổn định ảnh võng mạc trong một chuyển động nhanh/ngắn của đầu hoặc cơ thể hoặc bất kì chuyển động nào của cảnh vật nhìn. • Hãy xem xét điều gì xảy ra đối với thị giác nếu phản xạ tiền đình-mắt không hoạt động tốt! • Những người có bệnh tiểu não có thể có phản xạ tiền đình-mắt bất thường. Đối với những người này, cảnh vật dường như chuyển động và rung lắc với mỗi chuyển động đầu • Phản xạ tiền đình-mắt gây ra pha "chậm" của rung giật nhãn cầu • Nó được gây ra bởi những yếu tố như gót chân đập lên vỉa hè khi chúng ta đi bộ • Phản xạ tiền đình-mắt chỉ được kích thích bởi "gia tốc", không bởi chuyển động liên tục

CÁC LOẠI PHẢN XẠ TIỀN ĐÌNH-MẮT:	Có 2 loại phản xạ tiền đình-mắt: phản xạ động và phản xạ tĩnh.
PHẢN XẠ TIỀN ĐÌNH-MẮT ĐỘNG	Phản xạ tiền đình-mắt động phát sinh từ các ống bán khuyên của mê đạo ở tai trong • Gây ra một động tác vận nhãn cân bằng và đối lập với độ chuyển động đầu • Phát hiện các gia tốc góc thoáng qua của đầu. • Khi đầu xoay về một hướng, nội dịch di chuyển theo hướng ngược lại. Độ chuyển động của nội dịch tỉ lệ với tốc độ của đầu. • Chuyển động này làm dịch chuyển đài ốc tai (cupula) và các tế bào lông, do đó kích thích một tín hiệu tốc độ đầu. • Mang lưới thần kinh tiền đình kết hợp với tín hiệu tốc độ để đạt được một tín hiệu dịch chuyển đầu. • Khi dịch di chuyển trong 3 ống, sinh ra một động tác mắt ổn định (phản xạ tiền đình-mắt). Động tác này ngăn chặn cảm giác nghiêng đầu hoặc song thị khi đầu di chuyển nhanh
PHẢN XẠ TIỀN ĐÌNH-MẮT TĨNH	Phản xạ tiền đình-mắt tĩnh phát sinh từ các vết thính giác, túi tròn và túi bầu dục (các cơ quan thạch nhĩ) • Phản xạ này liên quan đến vết thính giác của túi tròn cũng như túi bầu dục và thạch nhĩ • Liên quan đến các trạng thái nghiêng tĩnh và các gia tốc dài thoáng qua của đầu, tức là nó bị ảnh hưởng bởi trọng lực. Nghiêng đầu sẽ kích thích phản xạ tiền đình-mắt tĩnh. • Có một thạch nhĩ nặng nằm trên vết thính giác ở tai trong • Bất kì sự thay đổi nào của thạch nhĩ cũng cho thông tin về độ nghiêng đầu • Dẫn đến chuyển động mắt xảy ra với thời gian trễ 35 mili giây được gọi là phản xạ tiền đình-mắt tịnh tiến hoặc "phản ứng nghiêng đầu-mắt". Ngoài việc duy trì ảnh võng mạc ổn định trong những chuyển động nhanh của đầu, hệ thống tiền đình cũng duy trì: • Tư thế chung của cơ thể • Thăng bằng • Trương lực cơ

Đường tiền đình có một "cung 3 nơ-ron":

Các đầu tận cảm giác tế bào lông → thần kinh tiền đình nguyên phát → các nhân tiền đình → các nơ-ron tiền đình thứ phát (qua bó dọc trong) → các nơ-ron vận nhãn → các cơ ngoại nhãn

Mối quan hệ giữa ống bán khuyên và các cơ ngoại nhãn được nêu ở Bảng 10.1. Nó minh họa rằng hướng của các ống bán khuyên ngang gần giống tác dụng kéo của cơ thẳng trong ở cùng bên chuyển động và cơ thẳng ngoài ở bên đối diện. Các mối quan hệ tương tự cũng có thể thấy ở các ống bán khuyên trên và dưới.

Bảng 10.1 Quan hệ giữa ống bán khuyên và các cơ ngoại nhãn

Ống	Cùng bên	Đối bên
Ngang	Cơ thẳng trong	Cơ thẳng ngoài
Trên	Cơ thẳng trên	Cơ chéo bé
Sau	Cơ chéo lớn	Cơ thẳng dưới

THÍCH ỨNG CỦA PHẢN XẠ TIỀN ĐÌNH-MẮT	• Hệ thống có thể thích nghi với những thay đổi do sự phát triển, tuổi, bệnh thần kinh, và tình trạng không trọng lượng. Các phi hành gia sử dụng hệ thống phản xạ tiền đình-mắt (và rung giật nhãn cầu thị-động) để giúp duy trì định thị vào các bảng điều khiển thiết bị trong không gian. • Phản xạ tiền đình-mắt có thể bị ức chế chủ ý → thùy nhung của tiểu não làm điều này. Tại sao cần có khả năng ức chế phản xạ tiền đình-mắt và trong hoàn cảnh nào bạn muốn làm điều này? • Phản xạ tiền đình-mắt có thể thích ứng khác nhau đối với thay đổi độ phóng đại do quang học: 1. Lăng kính đảo chiều trái-phải: thích ứng chậm và không hoàn toàn 2. Kính viễn vọng trong khiếm thị: thích ứng nhanh 3. Thay đổi độ phóng đại ở kính chỉnh: – Những người cận thị đòi hỏi bù trừ phản xạ tiền đình-mắt ÍT HƠN với một góc xoay đầu nhất định so với những người viễn thị do độ thu nhỏ so với độ phóng đại. – Độ phóng đại thay đổi khi những người này bỏ kính ra. Phản xạ tiền đình-mắt sẽ tái thích nghi trong vòng 30 phút để làm cho cảnh vật không bị chuyển động ở mỗi chuyển động đầu. 4. Bất đồng khúc xạ/chênh lệch kích thước ảnh võng mạc: với chênh lệch kích thước ảnh võng mạc trung bình, gia lượng phản xạ tiền đình-mắt sẽ thích nghi với một mức trung gian giữa 2 mắt tức là tổng chuyển động ảnh võng mạc ở 2 mắt sẽ được phân bố đồng đều giữa 2 mắt.

GHI CHÚ LÂM SÀNG: có lẽ là 2 hệ thống cùng làm việc khi một bệnh nhân thích nghi với một kính mới gây chênh lệch kích thước ảnh võng mạc: 2 hệ thống này là thích ứng của phản xạ tiền đình-mắt và hiệu chuẩn lại tín hiệu thị giác của phản xạ tiền đình-mắt. Thay đổi độ phóng đại quay không xảy ra với kính tiếp xúc bởi vì kính tiếp xúc theo chuyển động của mắt.

HỆ THỐNG THỊ-ĐỘNG

HỆ THỐNG THỊ-ĐỘNG	▪ Rung giật nhãn cầu thị-động là động tác mắt được điều khiển bởi hệ thống thị-động ▪ Hệ thống thị-động gây ra những động tác mắt (rung giật nhãn cầu thị-động) bù trừ cho những chuyển động đầu tự xoay duy trì liên tục và kéo dài (đặc biệt là những chuyển động tần số thấp như 0,1 HZ) ▪ Được hỗ trợ bởi hệ thống dõi theo ▪ Rung giật nhãn cầu thị-động kế tục phản xạ tiền đình-mắt trong những chuyển động duy trì liên tục, bởi vì hệ thống tiền đình không thể xử lí những chuyển động kéo dài – Khi hệ thống tiền đình suy giảm hoạt động thì hệ thống thị-động sẽ kế tục nó để ổn định ảnh trên võng mạc ▪ Tín hiệu thị giác có thể trực tiếp thay đổi cả phản xạ tiền đình-mắt và rung giật nhãn cầu thị-động Rung giật nhãn cầu thị-động là một rung giật nhãn cầu kiểu lò xo ngoại ý, gây ra bởi những chuyển động của toàn bộ hoặc một phần rộng thị trường. Nó có: – Một đáp ứng dõi theo chậm nhằm ổn định ảnh võng mạc – Một động tác giật nhanh để đưa mắt trở lại tư thế nhìn nguyên phát. Trên lâm sàng, chúng ta có thể gây ra rung giật nhãn cầu thị-động bằng một trống rung giật nhãn cầu thị-động.

MỘT SỐ THÔNG TIN ĐÁNG CHÚ Ý VỀ RUNG GIẬT NHÃN CẦU THỊ-ĐỘNG	• Một trường chuyển động rộng, dùng một vật tiêu cố định gây ra rung giật nhãn cầu thị-động tốt nhất • 1 hoặc 2 giây đầu tiên của đáp ứng là do kích hoạt hệ thống dõi theo, sau đó hệ thống rung giật nhãn cầu thị-động chiếm lĩnh phần còn lại của đáp ứng • Võng mạc ngoại vi chi phối đáp ứng. Giảm thị lực trung tâm sẽ giảm 20-30% đáp ứng rung giật nhãn cầu thị-động. • Trong tình huống lâm sàng nào sự kiện về võng mạc ngoại vi này sẽ gây ảnh hưởng đối với đáp ứng rung giật nhãn cầu thị-động? • Bệnh nhân sẽ có những triệu chứng gì trong trường hợp này? • **Thời gian trễ là 140 mili giây.** Thời gian trễ này quá dài không thể giúp ích nhiều cho việc ngăn chặn trượt võng mạc do chuyển động nhanh của đầu. Do đó phản xạ tiền đình-mắt ổn định định thị bằng một đáp ứng nhanh, sau đó rung giật nhãn cầu thị-động tiếp tục trong khi chuyển động tiếp diễn. • Gia lượng ngang và dọc bằng nhau, chỉ khác là gia lượng dọc bị ảnh hưởng nhanh hơn và nhiều hơn bởi tốc độ vật tiêu tăng và giảm hiệu năng → Điều này có ý nghĩa gì đối với việc khám bằng trống rung giật nhãn cầu thị-động? • Gia lượng rung giật nhãn cầu thị-động dọc ở hướng đi lên lớn hơn hướng đi xuống • Rung giật nhãn cầu thị-động xoáy thì chậm và không đều • Gia lượng rung giật nhãn cầu thị-động thích ứng tối hơi thấp hơn gia lượng rung giật nhãn cầu thị-động thích ứng sáng • Rung giật nhãn cầu thị-động toàn trường với một trống rộng bao quanh bệnh nhân gây ra cảm giác tự xoay theo hướng ngược lại → hãy tưởng tượng mình đang lái xe qua một đường hầm xoay

Trẻ sơ sinh có rung giật nhãn cầu thị-động không cân đối (phía mũi so với phía thái dương) ở 2-3 tháng tuổi. Người ta cho rằng điều này liên quan với sự trưởng thành của các đường thần kinh và sự phát triển của các đường thị giác 2 mắt.
Lúc 6-9 tháng, 2 hướng phải cân đối, nếu không thì bệnh nhân có nguy cơ lác/lé hoặc nhược thị.

ĐƯỜNG THỊ-ĐỘNG:
Võng mạc → vỏ não thị giác → nhân lưng tận cùng của dải thị giác → nhân của dải thị giác → nhân trám dưới → tiểu não → nhân tiền đình → nhân thần kinh số III

MỘT SỐ THÔNG TIN ĐÁNG CHÚ Ý VỀ RUNG GIẬT NHÃN CẦU THỊ-ĐỘNG	Như vậy chúng ta có 2 hệ thống này, nhưng chúng tương tác với nhau thế nào và tại sao nó lại quan trọng? Đây là một kịch bản: • Bạn đang ở trong phòng khám chờ bệnh nhân đến và quyết định quay tròn trên một ghế quay của phòng khám. • Bạn ngồi trên ghế và bắt đầu quay chậm sang trái. • Các ống mê đạo bị kích thích bởi chuyển động "gia tốc" do đầu gây ra khi bạn bắt đầu quay: • Hệ thống phản xạ tiền đình-mắt bắt đầu hoạt động để ổn định sự nhìn để bạn không bị ngã và nôn do chóng mặt và song thị → nó cũng di chuyển mắt bạn theo hướng xoay đầu (ở thí dụ này là sang phải). Điều này quan trọng bởi vì nếu các ảnh ở võng mạc không ổn định thì chúng bắt đầu trượt vòng quanh và có thể gây ra mờ mắt hoặc song thị → ít nhất thì điều này cũng làm cho bạn cảm thấy chóng mặt và buồn nôn • Phản xạ tiền đình-mắt là một đáp ứng pha/nhanh, không tồn tại quá lâu, do đó nó mất dần và cuối cùng dừng lại hoàn toàn, nhưng bạn đang rất vui vẻ và tiếp tục quay thêm một lúc nữa. • Bây giờ, hệ thống thị-động góp phần và tiếp tục hoạt động như là bộ máy hàng đầu ổn định sự nhìn đến khi bạn ngừng quay. • Sự phối hợp giữa phản xạ tiền đình-mắt và rung giật nhãn cầu thị-động cho phép duy trì ảnh võng mạc rõ nét và ổn định trong những chuyển động đầu với bất kì khoảng thời gian nào. • Nếu không có sự hoạt động của 2 hệ thống này, chúng ta sẽ bị nhìn thấy vật đu đưa và nhìn mờ trong hầu hết các chuyển động của mình!!
ĐIỀU GÌ XẢY RA KHI ĐẦU BẠN NGỪNG CHUYỂN ĐỘNG?	• Lễ tân của bạn bước vào phòng và cho biết rằng bệnh nhân đã ở đây (và cũng ngạc nhiên tại sao bạn đang quay trên ghế đó!) • Bạn ngừng quay. • Hệ thống tiền đình (phản xạ tiền đình-mắt) lại được kích thích (do nó bị kích thích với bất kì chuyển động nhanh nào của đầu) • Nếu phản xạ tiền đình-mắt tiếp tục thì bạn lại có vài giây chuyển động về hướng ngược lại với hướng mà bạn đã quay → tại sao lại không tốt nếu phản xạ tiền đình-mắt tiếp tục hoạt động trong tình huống này? • NHƯNG, hệ thống thị-động tiếp tục hoạt động trong vài giây sau khi đã ngừng chuyển động, nó gây ra một rung giật nhãn cầu sau xoay, được gọi là OKAN (Optokinetic after Nystagmus). OKAN xảy ra cùng hướng với rung giật nhãn cầu thị-động để hủy bỏ rung giật nhãn cầu tiền đình sau xoay (phản xạ tiền đình-mắt), nó làm giảm thiểu chóng mặt bởi vì các lực rung giật nhãn cầu tiền đình và rung giật nhãn cầu thị-động sẽ bị hủy. • OKAN không dập tắt hoàn toàn rung giật nhãn cầu sau xoay NGAY LẬP TỨC – Mất một chút thời gian để giảm rung giật. – Mỗi người có các mức độ khả năng giảm rung giật khác nhau – Thời gian để phản xạ tiền đình-mắt càng dài thì càng nhiều khả năng có rung giật nhãn cầu gây ra. Điều này sẽ gây chóng mặt nhiều hơn. Chú ý: Có thể giảm phản xạ tiền đình-mắt theo chủ ý. • OKAN bắt nguồn từ bộ lưu trữ tốc độ, hiện tượng được coi là do một mạch tích hợp thần kinh trung ương gián tiếp được hoạt hóa bởi chuyển động đầu và lưu trữ dần thông tin tốc độ này. Khi chuyển động dừng lại, mạch đó sẽ xả bỏ thông tin.

Tại sao cần phải hiểu các hệ thống này?

Việc này quan trọng bởi vì là những nhà lâm sàng trong tương lai, bạn có thể gặp những bệnh nhân bị bệnh ở các hệ thống này, gây ra những ảnh hưởng rất lớn đối với bệnh nhân.

Nếu phản xạ tiền đình-mắt bị mất do bệnh lí thì thị giác sẽ bị ảnh hưởng trong khi chuyển động. Phản xạ tiền đình-mắt hoạt động như là một cơ chế thăng bằng khi bạn đi lại, nếu nó không hoạt động thì bạn không nhìn rõ mọi người trừ phi bạn DỪNG LẠI để nhìn họ, nếu không thì họ sẽ bị mờ hoặc thành 2 hình. Hãy tưởng tượng bạn đang cố gắng lái xe, chạy chậm, đi bộ, lên xuống cầu thang, v.v., nếu các hệ thống này không hoạt động đúng cách thì nó sẽ làm cho cuộc sống trở nên khó khăn. Bạn không thể làm được nhiều việc mà hầu hết chúng ta cho là bình thường.

NHẮC LẠI NHỮNG ĐIỂM CHÍNH

Trong chuyển động đầu:

- Phản xạ tiền đình-mắt (hệ thống tiền đình) khởi đầu để ổn định ảnh trên võng mạc và bù trừ những chuyển động nhanh của đầu
- Do chuyển động tiếp tục, hệ thống tiền đình giảm dần và hệ thống thị-động tiếp tục để ổn định sự nhìn (với sự trợ giúp của hệ thống dõi theo). Điều này dẫn đến rung giật nhãn cầu thị-động.
- Sự phối hợp giữa 2 hệ thống cho phép mắt nhìn rõ và ổn định trong khi đầu chuyển động.

Khi chuyển động đầu dừng lại (và dịch ở trong tai vẫn còn óc ách):

- Hệ thống tiền đình lại tham gia vào (bởi vì có một thay đổi nhanh chuyển động) và kích thích rung giật nhãn cầu sau xoay (pha nhanh ngược hướng với chuyển động đầu).
- Hệ thống thị-động tiếp tục hoạt động trong vài giây sau khi chuyển động đầu đã dừng, và gây ra OKAN để chống lại ảnh hưởng rung giật nhãn cầu của hệ thống tiền đình.
- Điều này giữ cho bệnh nhân khỏi bị chóng mặt.

Trên thực tế, 2 hệ thống hoạt động cùng nhau trong một hệ thống hợp tác. Tuy nhiên, đối với mục đích của chúng ta thì có thể coi chúng như là 2 thực thể riêng biệt.

BẤT THƯỜNG CHỨC NĂNG TIỀN ĐÌNH VÀ THỊ-ĐỘNG

A. BẤT THƯỜNG CHỨC NĂNG TIỀN ĐÌNH	**NHƯỢC THỊ** Đáp ứng tiền đình không cân đối và giảm sút ở các mắt nhược thị. Bạn có thể kiểm tra điều này bằng nghiệm pháp phản xạ nhiệt để kiểm tra phản xạ tiền đình-mắt bằng cách bơm nước ấm hoặc nước lạnh vào ống tai ngoài. Ở những người bị lác/lé và nhược thị, rung giật nhãn cầu do nhiệt có biên độ và tần số thay đổi hơn nhiều so với ở những người có thị giác 2 mắt bình thường. Khi khám lâm sàng, có thể thấy một số bệnh nhân lác/lé trong bẩm sinh có giảm phản xạ tiền đình-mắt. Nghĩa là nhiều bệnh nhân nhược thị có rối loạn thăng bằng do tiền đình ở trong tối. Cuối cùng, ở những bệnh nhân lác/lé, có sự thích ứng phản xạ tiền đình-mắt không cân đối giữa 2 bên. Gia lượng phản xạ tiền đình-mắt tăng nhiều hơn sau khi thích ứng với chuyển động ở trường phía mũi hơn là chuyển động ở trường phía thái dương.

Tại sao điều này lại quan trọng về lâm sàng?

Nó quan trọng bởi vì nó là một công cụ khác để giúp bạn xác định là đứa trẻ ở ghế khám bệnh sẽ xuất hiện lác/lé hoặc nhược thị hay không. Nó cũng giúp bạn có được câu trả lời cho cha mẹ bệnh nhân đang lo lắng về khả năng lác/lé. Nó cũng giúp chẩn đoán và điều trị thích hợp những bệnh nhân đột quị có chóng mặt do mất cân bằng tiền đình.

A. BẤT THƯỜNG CHỨC NĂNG TIỀN ĐÌNH	**BỆNH TIỀN ĐÌNH** Bệnh cấp tính, một mắt, ngoại vi có thể gây ra mất cân bằng nhất thời trương lực tiền đình (tức là phân bố xung thần kinh trương lực cơ bản) giữa các nhân tiền đình bên phải và bên trái. Điều này gây ra rung giật nhãn cầu tự phát, với pha chậm hướng về bên tổn thương. Rung giật cũng tăng ở trong tối với ở ngoài sáng. → Tại sao tình trạng này lại quan trọng về lâm sàng? Bệnh mê đạo ngoại vi, 2 bên, cấp tính có thể gây ra những vấn đề nghiêm trọng cho bệnh nhân, đặc biệt là nhìn thấy vật đu đưa và nhìn mờ, do giảm khả năng bù trừ của phản xạ tiền đình-mắt. → Tại sao nó lại gây ra nhìn thấy vật đu đưa và nhìn mờ? Các bệnh tiền đình trung ương cũng có thể gây ra một số vấn đề, như rung giật nhãn cầu tự phát. Bệnh nhân cũng có thể phàn nàn nhìn mọi vật bị nghiêng.

B. BẤT THƯỜNG CHỨC NĂNG THỊ-ĐỘNG	**NHƯỢC THỊ** ▪ Thường có: – Giảm rung giật nhãn cầu thị-động – Rung giật nhãn cầu thị-động bất đối xứng **RUNG GIẬT NHÃN CẦU** ▪ Giảm rung giật nhãn cầu thị-động ở rung giật nhãn cầu bẩm sinh **BỆNH THẦN KINH** ▪ **Trẻ sơ sinh:** Đáp ứng không cân đối là bình thường ▪ **Tổn thương ở đường thị giác phía trước và vỏ não** sẽ có sự tích tụ chậm các đáp ứng rung giật nhãn cầu thị-động và những bất đối xứng ▪ **Các bệnh mê đạo một bên và hai bên** sẽ có tăng tốc độ pha chậm về phía bên tổn thương và giảm OKAN ở 2 hướng trong một trường hợp một mắt. Chúng cũng cho thấy rung giật nhãn cầu thị-động bình thường nhưng không có OKAN ở trường hợp hai mắt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

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-Heineman, 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.