BrienHoldenVisionInstitute

ĐỘ NHẠY TƯƠNG PHẢN VÀ CÁC TẦN SỐ THẤP

TÁC GIẢ

Thomas Salmon: Đại học bang Northeastern, Hoa kì

THẨM ĐỊNH

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

CHƯƠNG NÀY BAO GỒM CÁC NỘI DUNG:

- Độ nhạy tương phản và các tần số không gian thấp
- Thuộc tính phân tích Fourier của hệ thống thị giác
- Lọc tần số không gian thần kinh
- So sánh thị lực và độ nhạy tương phản

ÔN TẬP

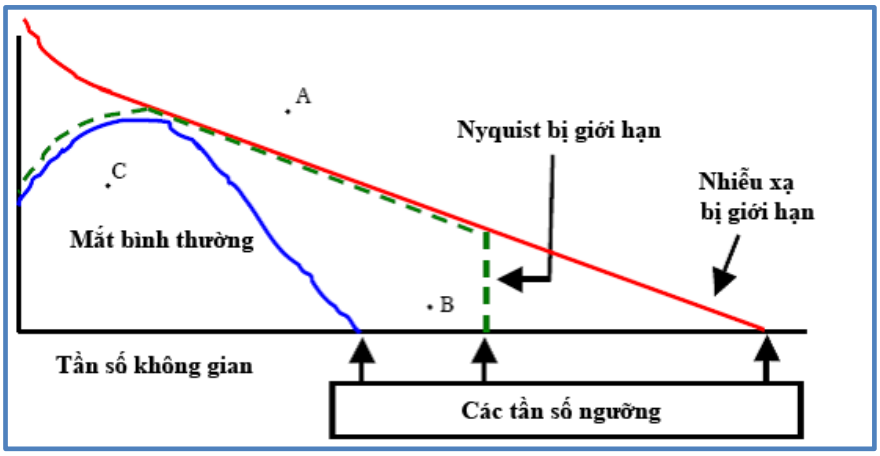
Hình 16-1, cho thấy một hàm chuyển điều biến (MTF) và 2 hàm độ nhạy tương phản (CSF) giả định của mắt người. Chúng cơ bản giống nhau ở các tần số không gian thấp, nhưng khác nhau nhiều ở các tần số cao. Xem hình này và trả lời các câu hỏi sau.

Câu hỏi: Đường nào trong số 3 đường cong cho biết mắt có chất lượng quang học tốt nhất? kém nhất?
Trả lời: _____

Câu hỏi: Hãy giải thích điều gì hạn chế độ phân giải của mỗi trường hợp.
Trả lời: _____

ÔN TẬP (TIẾP THEO)

Câu hỏi: Giả sử khoảng cách từ tâm đến tâm của các tế bào nón hoàng điểm là 2 µm và một khoảng cách 300 µm trên mặt võng mạc tương ứng với góc nhìn 1 độ. Hãy tính thị lực Snellen tối đa mà mắt này có thể nhìn được nếu tất cả các tật khúc xạ của nó (gồm cả các quang sai bậc cao) được chỉnh hoàn hảo.



Hình 16-1: *Thí dụ của một MTF và 2 CSF của mắt bị giới hạn bởi các yếu tố khác nhau*

PHƯƠNG PHÁP THU THẬP DỮ LIỆU

Bất kì điểm nào ở CSF xác định 2 tham số chủ yếu quyết định độ nhìn thấy của một cách tử sóng sin: tương phản và tần số không gian (kích thước) của nó. Cần nhớ lại rằng các điểm bên ngoài CSF (điểm A và điểm B, Hình 16-1) tương ứng với các cách tử không thể nhìn thấy bằng mắt, nhưng các điểm bên trong CSF (điểm C) thì có thể nhìn thấy.

Câu hỏi: Nếu điểm A và điểm B đại diện cho các vật mà bệnh nhân không thể nhìn thấy thì có thể làm gì để làm cho chúng trở thành nhìn thấy?

Trả lời: _____

Câu hỏi: Bạn có thể cho thí dụ về cách sử dụng các nguyên lí này để cải thiện việc khám lâm sàng trong khúc xạ nhãn khoa?

Trả lời: _____

ĐỘ NHẠY TƯƠNG PHẢN VÀ CÁC TẦN SỐ KHÔNG GIAN THẤP

Một sự khác nhau quan trọng giữa MTF và CSF của mắt người là sự giảm tương phản ở các tần số không gian thấp. Điều này được thấy ở Hình 16-1, nó cho thấy 2 CSF và một MTF giả định. Điều gì gây giảm độ nhạy tương phản dưới khoảng 4 chu kì/độ? Điều này phải là do các yếu tố thần kinh hơn là các yếu tố quang học, bởi vì MTF (chỉ cho thấy chất lượng quang học, không cho thấy xử lí thần kinh) không có giảm tương phản ở các tần số thấp.

Một giải thích hợp lí cho sự giảm độ nhạy tương phản ở tần số thấp được minh họa ở Schwartz Hình 7-14. Nó cho thấy **trường cảm thụ** của một tế bào hạch, là vùng trong thị trường của một người gây ra một đáp ứng từ một tế bào hạch.

Nó được cấu tạo với một vùng kích thích ở trung tâm (dấu +) và một vùng ức chế bao quanh (dấu -). Khi ánh sáng rơi vào vùng kích thích thì thị giác sẽ được kích thích, khi ánh sáng rơi vào vùng ức chế thì độ nhạy giảm. Hiện tượng này được gọi là **ức chế xung quanh**. Tế bào hạch sẽ đáp ứng mạnh nhất khi tần số không gian của các sọc lớn đến mức một sọc trắng rộng bằng vùng kích thích, và các sọc đen rơi vào vùng ức chế. Các nhà khoa học đã thấy rằng điều này tương ứng với một tần số không gian kích thước trung bình, như khoảng 4 chu kì/độ.

ĐỘ NHẠY TƯƠNG PHẢN VÀ CÁC TẦN SỐ KHÔNG GIAN THẤP (TIẾP THEO)

Tuy nhiên, cần chú ý rằng nếu các sọc trở thành rộng hơn số này (tần số không gian thấp hơn), phần trắng sẽ kích thích cả vùng ức chế và vùng kích thích, và đáp ứng tổng thể sẽ giảm. Điều này có thể giải thích cho sự giảm độ nhạy ở các tần số không gian thấp.

THUỘC TÍNH PHÂN TÍCH FOURIER CỦA HỆ THỐNG THỊ GIÁC

Thí nghiệm đã cho thấy rằng hệ thống thị giác có các kênh thần kinh xử lí các tần số không gian riêng biệt. Điều này được minh họa bởi Schwartz, 2004 Hình 7-15, nó cho thấy nhiều đường cong hẹp ở bên dưới CSF. Mỗi đường cong đại diện cho một kênh nhạy với chỉ một dải hẹp các tần số không gian trong ảnh.

Blakemore và Campbell (1969) đã làm một thí nghiệm thú vị để chứng minh điều này. Họ yêu cầu bệnh nhân nhìn chăm chú vào một cách tử sóng sin chỉ có một tần số không gian (như 6 chu kì/độ). Điều này sẽ làm cho hệ thống thị giác thích ứng và trở thành không còn nhạy với tần số không gian riêng biệt đó. Sau đó họ đo CSF, và kết quả được minh họa ở Schwartz, 2004 (Hình 7-16A).

Vết khấc ở đường cong CSF cho thấy độ nhạy giảm tới một dải hẹp các tần số không gian gần 6 chu kì/độ. Điều này chỉ có thể giải thích được nếu hệ thống thị giác xử lí một tần số không gian đó (6 chu kì/độ) tách biệt với tất cả các tần số khác.

Câu hỏi: Điều gì xảy ra nếu không có các kênh riêng biệt tần số không gian và ảnh võng mạc được chuyển đến não dưới dạng tổng thể? Sự thích ứng với một cách tử ảnh hưởng thế nào đối với CSF?

Trả lời: _____

CÁC CÁCH TỬ SÓNG VUÔNG

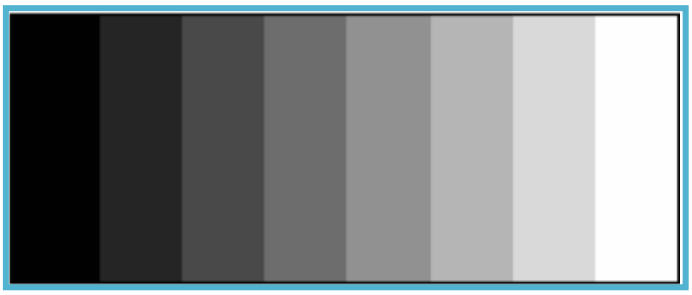
Cần nhớ lại rằng nếu một cách tử sóng vuông (Hình Schwartz 7-4) được phân tích Fourier, chúng ta sẽ thấy rằng nó chứa các thành phần cách tử sóng sin (Hình Schwartz 7-5). Toàn bộ phổ Fourier của một cách tử sóng vuông chứa một số vô hạn các sóng sin, và nếu cộng vào nhau thì chúng sẽ tái dựng hoàn hảo sóng vuông. Hình 7-5 trong Schwartz cho thấy chỉ các cách tử sóng sin tần số thấp nhất. Khi các tần số bổ sung được thêm vào, biên dạng trở thành càng giống một sóng vuông, với các cạnh "sắc nét".

Trở lại thí nghiệm nổi tiếng của Blakemore, họ nhận thấy một kết quả đáng chú ý khi yêu cầu bệnh nhân nhìn chăm chú vào một cách tử sóng vuông 6 chu kì/độ (hơn là sóng sin). Kết quả được minh họa ở Hình Schwartz 7-16 B. Bây giờ có 2 khía hình chữ V ở CSF, cho biết giảm độ nhạy ở cả 6 và 18 chu kì/độ.

CÁC BĂNG MACH

Các thí nghiệm của Blakemore và Campbell (1969) đã cho bằng chứng chắc chắn rằng hệ thống thị giác của người hoạt động như là một máy phân tích Fourier và xử lí thông tin thị giác theo các kênh tần số không gian riêng biệt.

Các băng Mach cũng được coi là bằng chứng của quá trình xử lí Fourier bởi hệ thống thị giác. Một thí dụ được minh họa trong Schwartz, 2004 (Hình 7-17). Biên dạng độ chói của hình mẫu ở Hình 7-17 A được thấy ở B. Chú ý vùng sáng ở bên trái, sự giảm độ chói ở trung tâm, và một vùng tối ở bên phải. Mặc dù thực tế nó không tồn tại ở biên dạng độ chói (B), dường như là có một băng sáng hẹp ở bên trái của trung tâm và một băng tối ở bên phải của trung tâm (C). Các hiện tượng này được gọi là **các băng Mach**, và có thể được giải thích bằng hoạt động phân tích Fourier của hệ thống thị giác ở người. Hình 16-2 là thí dụ khác của các băng Mach.



***Hình 16-2**: Các băng Mach*

LỌC TẦN SỐ KHÔNG GIAN THẦN KINH

Tất cả các quang hệ (bao gồm mắt người) thực hiện biến đổi Fourier ánh sáng đi qua hệ thống. Phân bố ánh sáng ở đồng tử là biến đổi Fourier của kiểu độ chói ở vật, và ảnh võng mạc là biến đổi Fourier ngược của phân bố ánh sáng của đồng tử.

Câu hỏi: Điều gì xảy ra với ảnh võng mạc nếu một bệnh nhân dùng pilocarpine để điều trị glôcôm và có đồng tử rất nhỏ (1 mm)?

Trả lời: _____

Như đã mô tả ở trên, phần thần kinh của hệ thống thị giác cũng hoạt động như một máy phân tích Fourier. Nó phân tích ảnh võng mạc thành các thành phần tần số không gian (các cách tử sóng sin), và các kênh tần số không gian riêng biệt xử lí các thành phần này. Não phải thực hiện biến đổi Fourier ngược để ráp lại ảnh mà chúng ta nhìn thấy.

Giả sử bệnh nhân có một bệnh thần kinh nào đó ảnh hưởng đến các phần của hệ thống thị giác dẫn truyền một số tần số không gian nhất định. Trong trường hợp đó, bệnh nhân có thể thấy một ảnh được lọc về mặt không gian của thế giới bên ngoài. Trong khi chuẩn bị các ảnh lọc thông dải (band-pass filtered), bức ảnh bất thường được tạo ra nhìn giống như một bức tranh của van Gogh (Hình 16-3). Vincent van Gogh có nhiều vấn đề sức khỏe ảnh hưởng đến não, bao gồm động kinh, hưng-trầm cảm (bipolar disorder), ngộ độc rượu, nhiễm độc digitalis và các chất khác, và giang mai. Nhiều người đã cho rằng ông bị một bệnh thị giác ảnh hưởng đến cách vẽ. Do một số bức tranh của ông tương tự các ảnh được lọc thông dải, nên có thể van Gogh bị tổn hại một số nơ-ron ở hệ thống thị giác, nó thực tế đã lọc về mặt không gian các ảnh mà ông nhìn thấy.

***Hình 16-3**: Các bức chân dung tự họa của Van Gogh năm 1886 (trái) và năm 1888 (phải). Ông tự sát vào năm 1890. Bức tranh bên phải nhìn giống như được lọc thông dải*

LỌC TẦN SỐ KHÔNG GIAN THẦN KINH (TIẾP THEO)

Hình 16-4 là một trong những bức tranh nổi tiếng của ông, "Đêm đầy sao."

***Hình 16-4**: Bức tranh Đêm đầy sao của van Gogh. Lấy từ trang web: http://www.vangoghgallery.com/painting/starryindex.html*

SO SÁNH THỊ LỰC VỚI ĐỘ NHẠY TƯƠNG PHẢN

Chúng ta đã học ở phần trước rằng thị lực tương phản cao trên lâm sàng chỉ đo một điểm trên CSF mà không cho biết gì về phần còn lại của thị lực không gian. Điều này liệu có nghĩa là chúng ta nên ngừng đo thị lực Snellen và thay vào đó là đo CSF bằng các cách tử sóng sin cho tất cả mọi người không? Nó phụ thuộc vào mục đích của việc đo thị lực. Phần lớn các bệnh nhân đến khám đều có một tật khúc xạ không được chỉnh kính và công việc của nhà khúc xạ nhãn khoa là chỉnh sự mờ do quang học.

Câu hỏi: Tật khúc xạ ảnh hưởng thế nào đến thị lực không gian?

Trả lời: Nhắc lại rằng tật khúc xạ cầu gây giảm độ nhạy tương phản ở các tần số không gian cao. Do đó phần CSF nhạy nhất với tật khúc xạ là ở bên phải phía ngoài của CSF, tức là ngưỡng tần số không gian cao. Đây là yếu tố đánh giá bằng thị lực Snellen (tương phản cao, chữ nhỏ), do đó nó là một cách hữu ích để đánh giá chất lượng của chỉnh khúc xạ.

Câu hỏi: Điều gì sẽ xảy ra nếu bạn đo khúc xạ chủ quan bằng cách để một bệnh nhân cận thị nhìn một cách tử sóng sin tần số rất thấp?

Trả lời: Tùy theo độ của tật khúc xạ cầu, nó có thể không ảnh hưởng đến các tần số không gian thấp. Do đó, dù bệnh nhân được chỉnh kính hay không, cách tử nhìn vẫn như vậy. Đây có thể là một khám nghiệm không nhạy đối với lệch tiêu ở một bệnh nhân cận thị. Do đó, đối với mục tiêu chỉnh tật khúc xạ thì đo thị lực ở các tần số không gian thấp không mang lại nhiều lợi ích.

SO SÁNH THỊ LỰC VỚI ĐỘ NHẠY TƯƠNG PHẢN (TIẾP THEO)

Mặt khác, điều gì xảy ra nếu bệnh nhân phàn nàn nhìn mờ, nhưng khi đo thì bệnh nhân có thể đọc được dòng 20/20? Bạn không nên vội vã gạt bỏ triệu chứng của bệnh nhân. Có thể bệnh nhân có giảm thị lực ở phần nào khác của hàm độ nhạy tương phản hơn là ngưỡng tần số cao. Đo khúc xạ bằng một bảng tần số không gian thấp cũng ngớ ngẩn như là đo thị lực chỉ ở tần số cao cho một bệnh ảnh hưởng đến các tần số trung bình hoặc thấp.

Một thí dụ của điều này lấy từ một bài báo ở tạp chí nhãn khoa Mĩ (the American Journal of Ophthalmology), của Tiến sĩ Mark Bullimore (giáo sư của Đại học khúc xạ nhãn khoa bang Ohio và là nguyên biên tập viên của Optometry and Vision Science, tạp chí khoa học của Hội khúc xạ nhãn khoa Mĩ). Trích tóm tắt:

Kết quả: 12 tháng sau phẫu thuật chỉnh khúc xạ bằng laser bề mặt (photorefractive keratectomy), thị lực tương phản cao được chỉnh kính tốt nhất với đồng tử tự nhiên cho thấy không có thay đổi đáng kể so với các giá trị trước phẫu thuật. ... Thị lực tương phản thấp được chỉnh kính tốt nhất với đồng tử tự nhiên giảm đáng kể so với trước phẫu thuật. ... Sự giảm thị lực ở tương phản nhiều hơn với đồng tử lớn. ... Kết luận: Giảm hiệu năng thị giác xảy ra sau phẫu thuật chỉnh khúc xạ bằng laser bề mặt với một vùng 6 mm. ... Những thay đổi này lớn nhất ở thị lực tương phản thấp với đồng tử giãn. ...Thị lực tương phản thấp với kính tốt nhất là một số đo nhạy để đánh giá hiệu năng thị giác sau phẫu thuật khúc xạ. (Bullimore MA, Olson MD, Maloney RK. Visual Performance After Photorefractive Keratectomy With a 6-mm Ablation Zone. Am J Ophthalmol 1999;1281-7)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Schwartz SH. **Visual Perception - A Clinical Orientation, 3rd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, Connecticut, 2004
- Blakemore C and Campbell FW. 1969. On the existence of neurons in the human visual system selectively sensitive to the orientation and size of retinal images. Journal of Physiology 203: 237-260.
- Kato N, Toda I, Hori-Komai Y, Sakai C and Tsubota K. **Five-year outcome of LASIK for myopia.** Ophthalmology. 2008;115(5):839-844.
- Alió JL, Piñero D, Muftuoglu O. **Corneal wavefront-guided retreatments for significant night vision symptoms after myopic laser refractive surgery.** American Journal of Ophthalmology. 2008 Jan;145(1):65-74.
- Fernández-Sánchez V, Ponce ME, Lara F, Montés-Micó R, Castejón-Mochón JF, López-Gil N. **Effect of 3rd-order aberrationson human vision.** Journal of Cataract and Refractive Surgery. 2008 Aug;34(8):1339-44