BrienHoldenVisionInstitute

ĐỘ NHẠY TƯƠNG PHẢN

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 như là một khám nghiệm thị lực không gian
- Giới hạn tần số không gian cao đối với CSF
- So sánh: thị lực Snellen & tần số không gian
- Cải thiện chất lượng ảnh

ĐỘ NHẠY TƯƠNG PHẢN NHƯ LÀ MỘT KHÁM NGHIỆM THỊ LỰC KHÔNG GIAN

Đo thị lực không gian là một phần lớn công việc của khúc xạ nhãn khoa, bởi vì chúng ta rất quan tâm đến việc bệnh nhân nhìn thấy ảnh như thế nào. Khám nghiệm này quan trọng cũng bởi vì thị lực không gian dưới bình thường có thể cho biết một tật khúc xạ không được chỉnh kính hoặc một bệnh mắt.

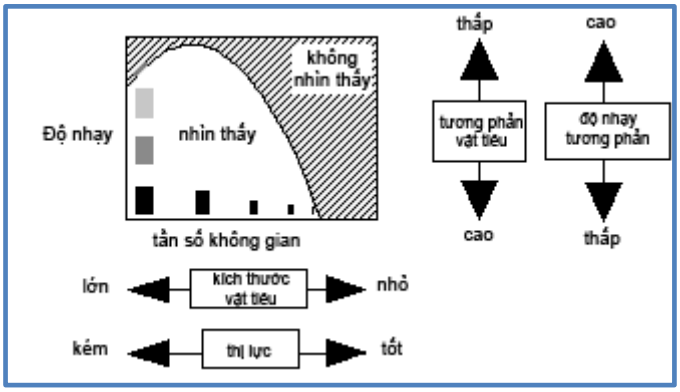
Thị lực Snellen là một cách để đo thị lực không gian, nhưng một mô tả đầy đủ hơn của thị lực không gian là hàm độ nhạy tương phản (Hình 15-1). Xem thêm Schwartz, 2004 Hình 7-11. Nó vẽ ra các giới hạn của thị lực không gian, tức là ranh giới giữa vùng nhìn thấy và không nhìn thấy. Để đo độ nhạy tương phản, chúng ta đưa ra một kích thích và thay đổi 2 thông số cơ bản:

- Kích thước của kích thích (tần số không gian)
- Tương phản của kích thích

Trong đo độ nhạy tương phản, hướng của cách tử thường được giữ không đổi, để đơn giản hóa phương pháp đo.

Để hiểu rõ hơn độ nhạy tương phản (và thị lực), hãy xem xét điều gì xảy ra khi bạn giữ một trong 2 biến số (kích thước hoặc tương phản của kích thích) không đổi và thay đổi biến số kia. Thí dụ, độ nhìn rõ vật tiêu thay đổi thế nào nếu giữ cho tương phản vật tiêu không đổi trong khi thay đổi kích thước của nó? Bằng cách làm cho vật tiêu (chữ thử) nhỏ hơn, nó trở nên khó thấy hơn, đến khi nó vượt quá giới hạn thị lực. Khi giảm kích thước vật tiêu, tức là tăng tần số không gian ở trong vật tiêu, sự thay đổi thông số này được chỉ ra bằng sự di chuyển từ trái sang phải ở biểu đồ CSF (Contrast Sensitivity Function).

ĐỘ NHẠY TƯƠNG PHẢN NHƯ LÀ MỘT KHÁM NGHIỆM THỊ LỰC KHÔNG GIAN (TIẾP THEO)



Hình 15-1: *Các biến số CSF*

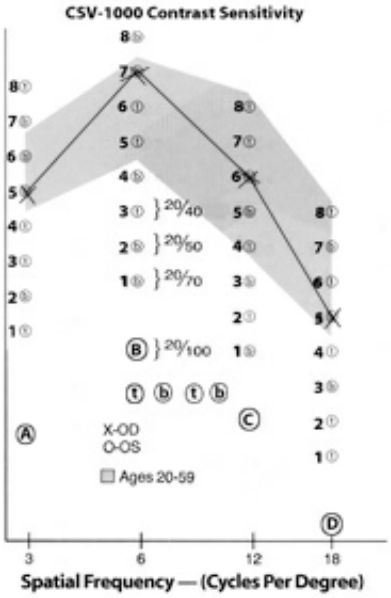
Hoặc chúng ta có thể giữ kích thước vật tiêu không đổi, nhưng giảm tương phản đến khi không còn thấy vật tiêu. Sự thay đổi thông số này có thể được chỉ ra bằng một sự thay đổi theo hướng dọc ở biểu đồ CSF.

Trong cả 2 cách (tương phản không đổi/kích thước thay đổi hoặc kích thước không đổi/tương phản thay đổi), điểm cuối của test là khi bệnh nhân không thể thấy vật tiêu. Do đó, chúng ta cố gắng xác định vị trí một điểm trên đường cong CSF tách biệt vùng nhìn thấy và vùng không nhìn thấy. Chú ý rằng thị lực Snellen chỉ đo một điểm trên CSF.

Câu hỏi: Điểm nào?

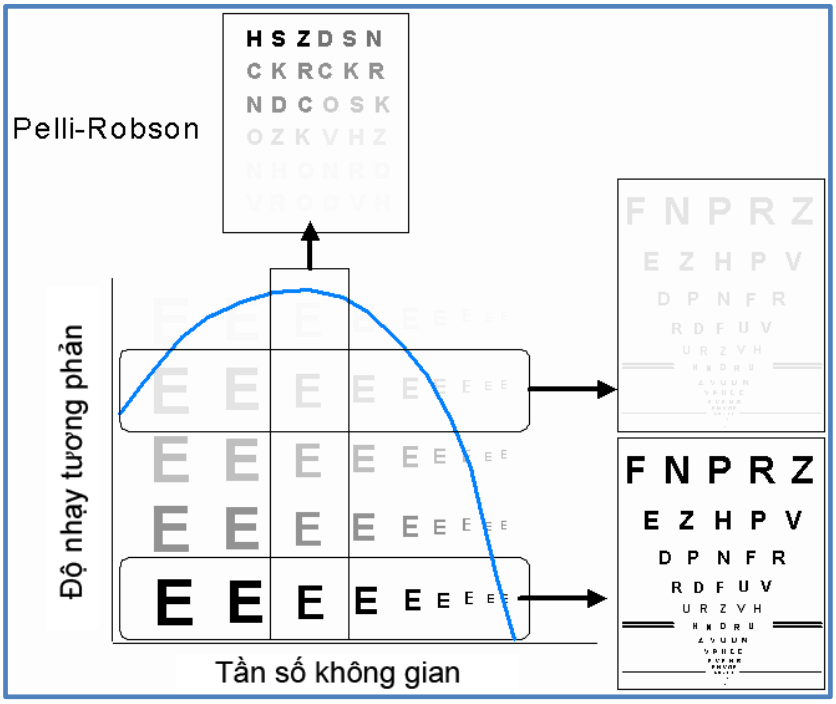
Trả lời: _____

Để có một bức tranh đầy đủ về CSF của một người, chúng ta cần vẽ nhiều điểm theo đường cong, nhưng việc này mất nhiều thời gian. Thay vào đó, chỉ cần đo vừa đủ số điểm để đánh giá hình dạng tổng thể của CSF. Hình 15-2 cho thấy mẫu dữ liệu dùng để ghi CSF của một bệnh nhân bằng máy đo độ nhạy tương phản Vector-Vision (http://www.vectorvision.com). Nó đo chỉ 4 điểm, ở các tần số không gian 3, 6 12 và 18 chu kì/độ, do đó khám nghiệm được nhanh và dễ dàng. Do tần số không gian tương đương 20/20 là 30 chu kì/độ nên bạn cần chú ý rằng máy Vectơ-Vision (cũng như các máy đo độ nhạy tương phản khác) không đo độ nhạy tương phản ra tới tần số cắt (Hình 15-3), nó chỉ giới hạn đo ở khoảng tần số thấp và trung bình.



Hình 15-2: *Bản sao kết quả đo nhạy tương phản với biểu đồ của nó với máy Vectơ-Vision*

ĐỘ NHẠY TƯƠNG PHẢN NHƯ LÀ MỘT KHÁM NGHIỆM THỊ LỰC KHÔNG GIAN (TIẾP THEO)



Hình 15-3: *Thí dụ các bảng thị lực để đo độ nhạy tương phản (hình trên cùng) hoặc thị lực (hình bên phải, tương phản thấp ở trên, tương phản cao ở dưới). Các kết quả này được so sánh với hàm độ nhạy tương phản. Lấy từ trang web của British Society for Refractive Surgery*

GIỚI HẠN TẦN SỐ KHÔNG GIAN CAO ĐỐI VỚI CSF

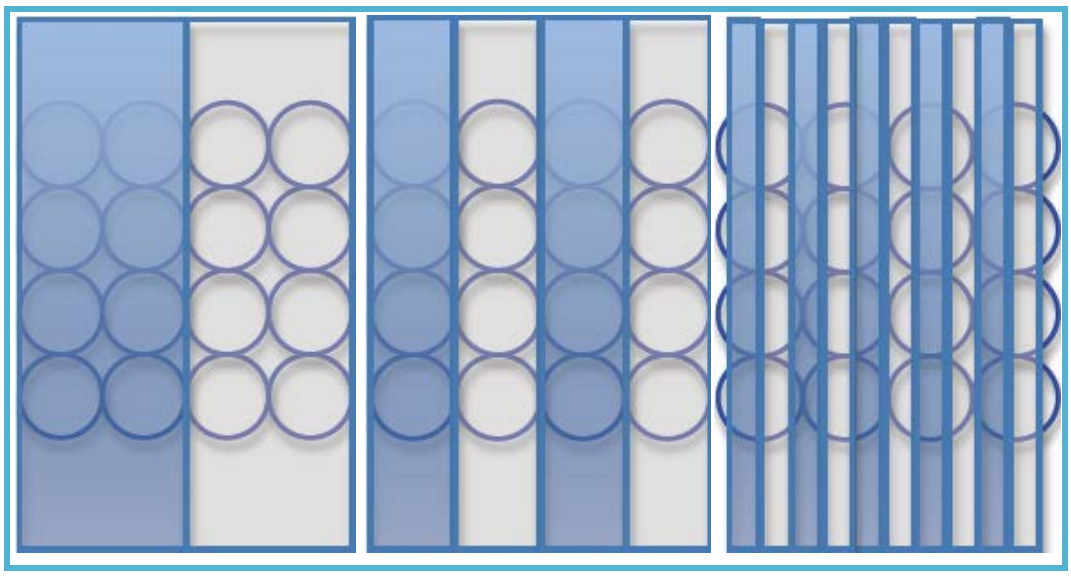
Sự giảm độ nhạy tương phản ở các tần số không gian cao chủ yếu là do những giới hạn vật lí ở hệ thống quang học của mắt. Đây là lí do tại sao hình dạng của MTF và CSF của người rất giống nhau ở các tần số không gian cao. *Đối với các kích thước đồng tử lớn*, **quang sai** là yếu tố chủ yếu làm giảm chất lượng ảnh và giảm MTF tới 0. *Đối với những kích thước đồng tử nhỏ*, quang sai trở nên ít quan trọng và **nhiễu xạ** trở thành yếu tố giới hạn. Điều này giả định rằng mắt bình thường và có hệ thống quang học tốt, tức là đúng tiêu điểm (không có tật khúc xạ) và không bị tán xạ (không đục thể thủy tinh, hoặc đục các môi trường).

MTF và CSF thậm chí còn giảm hơn nữa ở các tần số không gian cao nếu hệ thống có thêm tật khúc xạ cầu. Schwartz, 2004 Hình 7-13 minh họa điều gì xảy ra với CSF khi một người có tật khúc xạ không được chỉnh kính. Tần số cắt sẽ bị dịch chuyển sang một tần số không gian thấp hơn, nghĩa là để có thể đọc được bảng thị lực thì bệnh nhân cần kích thước chữ lớn hơn.

Điều gì xảy ra nếu bạn có hệ thống quang học hoàn chỉnh? Điều gì giới hạn tần số không gian cao nhất mà một người có thể nhìn được? Lúc này, nó sẽ bị giới hạn bởi khoảng cách của các tế bào quang thụ. Điều này được minh họa trong Hình 15-4, và Schwartz 2004 Hình 7-12.

Cách tử nhỏ nhất có thể phân giải được tìm thấy là khi chiều rộng của một vạch tối hoặc vạch sáng (nửa chu kì) bằng đường kính của một tế bào nón. Cần nhớ rằng chúng ta đang xét đến thị lực hoàng điểm, trong đó mỗi tế bào nón được kết nối với một tế bào hạch, và các vùng tổng hợp không gian bằng một đường kính tế bào nón.

GIỚI HẠN TẦN SỐ KHÔNG GIAN CAO ĐỐI VỚI CSF (TIẾP THEO)



Hình 15-4: *Các sọc rộng (hình trái) che nhiều tế bào quang thụ và được phân giải dễ dàng. Nếu chiều rộng của một sọc bằng đường kính một tế bào quang thụ (hình giữa) thì cách tử vẫn có thể phân giải được. Nếu các sọc hẹp hơn đường kính một tế bào quang thụ (hình phải) thì mắt không còn phân giải được các sọc.*

Đối với các tần số không gian cao hơn mức độ này (các cách tử nhỏ hơn), cả vạch sáng và vạch tối có thể rơi vào một tế bào quang thụ, và nó không thể phân giải được chúng là 2 cách tử. Do đó, cách tử nhỏ nhất có thể phân giải được là một cách tử trong đó một chu kì đầy đủ bằng chiều rộng của 2 tế bào quang thụ. Nói một cách khác, *cần tối thiểu 2 tế bào quang thụ để phân giải chính xác một hình cách tử.*

Điều này được nêu ở **định lí Nyquist** rằng (trong trường hợp thị lực) tần số không gian cao nhất mà tế bào nón của hoàng điểm có thể phân giải chính xác là tần số mà chiều rộng nửa chu kì của nó bằng chiều rộng của một tế bào nón.

Dựa vào định lí Nyquist và kích thước của tế bào nón hoàng điểm, chúng ta có thể tính giới hạn lí thuyết đối với độ phân giải không gian, được xem xét bằng đường kính của một tế bào nón hoàng điểm:

- Các tế bào nón hoàng điểm có đường kính khoảng 2 µm
- Một chu kì cần 2 tế bào nón, do đó chiều rộng của một chu kì là 2 x 2 µm = 4 µm
- 1 độ ở hoàng điểm rộng khoảng 300 µm
- Bao nhiêu chu kì (mỗi chu kì rộng 4 µm) sẽ vừa khớp một độ (rộng 300 µm)? 300/4 = 75

$$\frac{300\ \mu m/\text{độ}}{4\ \mu m/\text{chu kì}} = 75\ \text{chu kì/độ}$$

- Đây là **tần số Nyquist** (hoặc tần số cắt) được xác định bởi hình học của mạng tế bào nón. Nói một cách khác, đây là tần số không gian cao nhất mà mắt người bình thường có thể phân giải nếu hệ thống quang học hoàn hảo
- Để chuyển đổi tần số không gian thành giá trị Snellen tương đương, chia 600 cho 75 (xem chú thích bên dưới).. Giá trị tương đương của 75 chu kì/độ là 20/8 (6/2.4). Do đó, nếu bạn có hệ thống quang học hoàn hảo thì mạng tế bào nón ở hoàng điểm sẽ giới hạn thị lực tới khoảng 20/8 (6/2.4)

SO SÁNH: THỊ LỰC SNELLEN & TẦN SỐ KHÔNG GIAN

Khi so sánh tần số cơ bản ở một chữ Snellen (cách tử sóng vuông) với cách tử sóng sin tương ứng, bạn có thể chuyển đổi phân số Snellen thành tần số không gian tương đương (của tần số cơ bản) bằng chu kì/độ (cpd) (Hình 15-5) bằng cách dùng hệ số chuyển đổi đơn giản 600 như ở các phương trình dưới đây:

$$\text{cpd} = \frac{600}{\text{Mẫu số Snellen}}$$

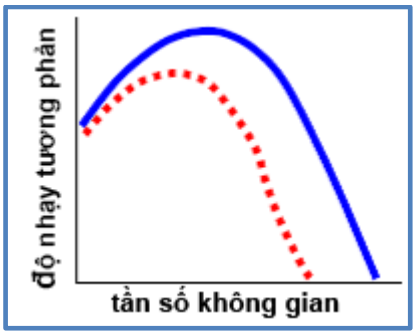
$$\text{Mẫu số Snellen} = \frac{600}{\text{cpd}}$$

Hình 15-5: *Được coi là một kích thích thị giác, có những điểm giống nhau rõ ràng giữa một chữ E Snellen (trái), một cách tử sóng vuông (giữa), và giữa một cách tử sóng vuông và một cách tử sóng sin (bên phải)*

CẢI THIỆN CHẤT LƯỢNG ẢNH

Hàm độ nhạy tương phản là một cách trọn vẹn để mô tả chất lượng thị lực không gian của một người, tức là người đó nhìn thấy ảnh rõ như thế nào. Nếu cải thiện thị lực của một người, chúng ta sẽ thấy sự cải thiện hàm độ nhạy tương phản của người đó. Trong Hình 15-62 là đường cong hàm độ nhạy tương phản. Đường đặc cao hơn và mở rộng xa hơn về bên phải. Nó mô tả một mắt có thị lực tốt hơn so với đường cong thấp hơn.

- Hàm độ nhạy tương phản xa hơn về bên phải cho biết thị lực tốt hơn: bệnh nhân có thể nhìn thấy một vật nhỏ hơn
- Hàm độ nhạy tương phản cao hơn nghĩa là độ nhạy tương phản tốt hơn: bệnh nhân có thể nhìn thấy một vật có tương phản thấp hơn



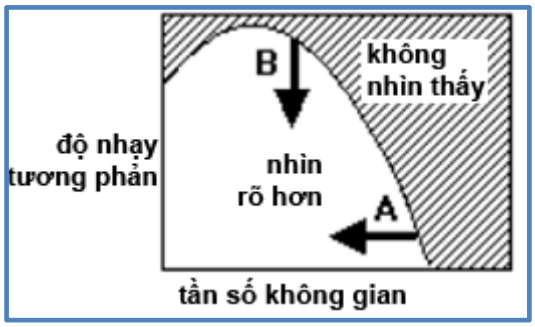
Hình 15-6: *Đường cong trên cho thấy CSF tốt hơn*

Cách thông thường nhất để cải thiện thị lực không gian của bệnh nhân là chỉnh tật khúc xạ. Việc này sẽ mở rộng CSF bằng cách di chuyển đường cong xa hơn về bên phải và tăng độ cao của nó.

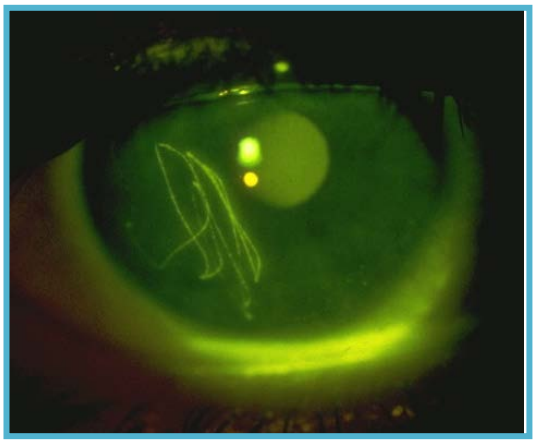
Trong khiếm thị, một người có thể có thị lực giảm do bệnh hoàng điểm. Trong trường hợp này, vấn đề không phải là tật khúc xạ, võng mạc giới hạn thị lực tốt nhất mà người này có thể đạt được. Chúng ta có thể giúp những bệnh nhân này bằng các kính lúp quang học. Về mặt CSF, kính lúp có tác dụng gì? Nó tăng kích thước ảnh võng mạc, tương đương với giảm các tần số không gian của ảnh. Điều này được minh họa ở Hình 15-7 bằng mũi tên A, nó bắt đầu từ một điểm ở ngoài CSF (không nhìn thấy), và di chuyển sang trái tới một điểm ở trong CSF (nhìn thấy).

CẢI THIỆN CHẤT LƯỢNG ẢNH (TIẾP THEO)

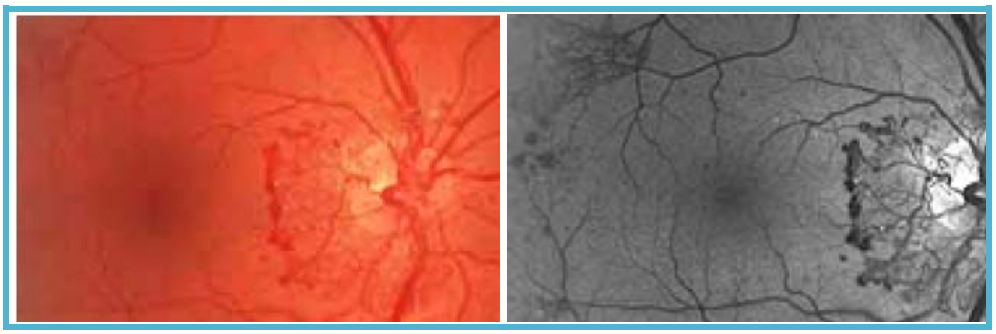
Một cách khác để thấy rõ hơn các vật là tăng tương phản. Mũi tên B trong Hình 15-7 minh họa cách này. Một vật tương phản thấp không nhìn thấy được (trên CSF) trở thành nhìn thấy được khi tương phản của nó được tăng đến điểm nằm trong khoảng CSF. Các nhà khúc xạ nhãn khoa sử dụng phương pháp này để thấy rõ hơn vết trầy/xước giác mạc bằng cách nhỏ fluorescein vào nước mắt. Ở ánh sáng trắng thì không nhìn thấy được vết xước trong với tương phản thấp so với giác mạc trong suốt. Tuy nhiên với fluorescein, vết xước sáng lên với tương phản cao so với nền của nó (Hình 15-8). Chụp mạch huỳnh quang được dùng để thấy được những tổn thương tinh vi ở võng mạc (chẳng hạn tân mạch) bằng cách tăng tương phản. Một thí dụ ở Hình 15-9.



Hình 15-7: *2 cách để giúp nhìn thấy rõ hơn*

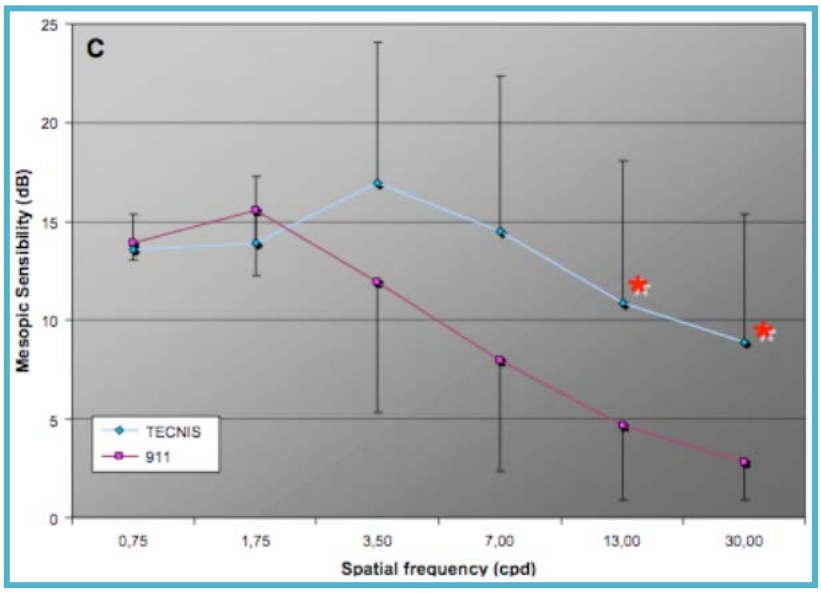


Hình 15-8: *Vết trầy/xước giác mạc bắt màu fluorescein (ảnh của Dr Ralph Latimer)*



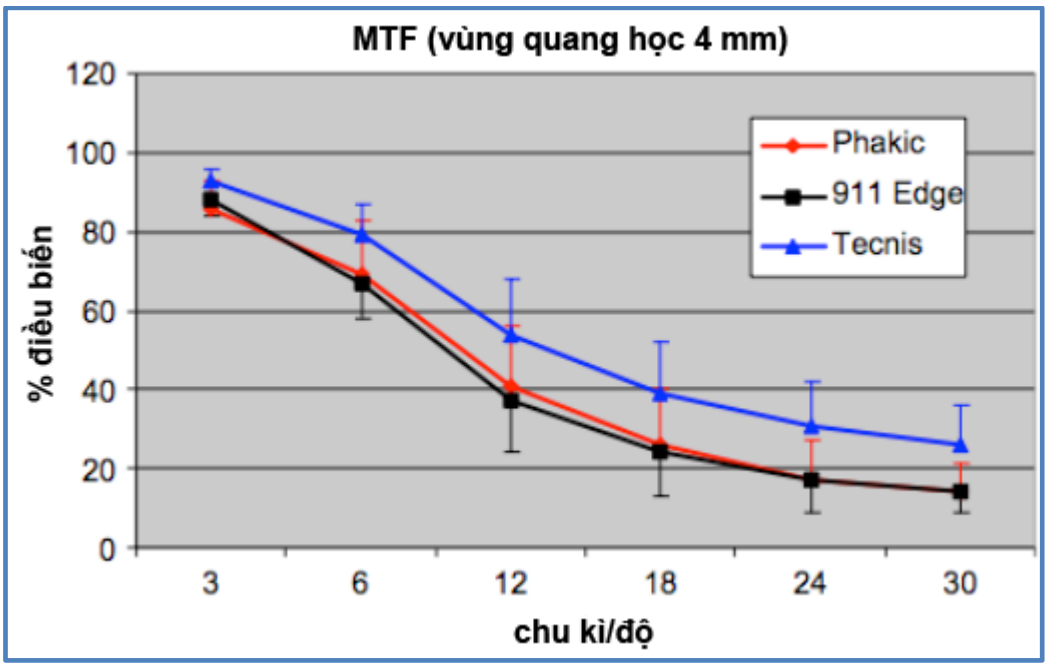
Hình 15-9: 2 *ảnh của cùng một võng mạc, không và có chụp mạch huỳnh quang.*
Các mạch máu võng mạc (bao gồm tân mạch) được thấy rõ hơn do tương phản cao hơn

CẢI THIỆN CHẤT LƯỢNG ẢNH (TIẾP THEO)



Hình 15-10: *Thí dụ hàm độ nhạy tương phản*

Bài báo Chất lượng thị lực sau phẫu thuật đục thể thủy tinh có đặt kính nội nhãn Technis 9000 ở số tháng 2, 2007 của tạp chí Journal of Cataract and Refractive Surgery (JCRS) so sánh hiệu năng thị giác trung bình của 2 kính nội nhãn trong điều kiện ánh sáng hoàng hôn (Hình 15-10). Được đo ở 40 mắt của mỗi nhóm, thời gian theo dõi 6 tháng sau phẫu thuật. Thị lực trung bình với kính tốt nhất sau mổ (logMAR) là 0.03±0.05 (trung bình±SD) ở nhóm Tecnis và là 0.01±0.05 ở nhóm CeeOn Edge 911 (P = 0.41). Họ cũng đánh giá hiệu suất quang học và thấy một Z_4^0 trung bình = 0.01±0.06 µm của kính Tecnis và Z_4^0 = 0.16±0.12 µm của đồng tử 5.0 mm.



Hình 15.11: *Thí dụ một hàm chuyển điều biến*

Cũng trong số này của tạp chí JCRS (Belluci et al. Spherical aberration and coma with an aspherical and a spherical intraocular lens in normal age-matched eyes - Journal of Cataract and Refractive Surgery. 2007 33 2:203-209), các giá trị quang sai trung bình của 30 mắt ở 3 nhóm được nghiên cứu và so với MTF của 3 IOL (xem Hình 15-11).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Schwartz SH. **Visual Perception - A Clinical Orientation, 3rd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, Connecticut, 2004