BrienHoldenVisionInstitute

ĐỘ NHẠY TUYỆT ĐỐI CỦA MẮT NGƯỜI

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:

- Thí nghiệm nổi tiếng của Hecht, Schlaer & Pirenne
- Thích ứng tối
- Độ nhạy ở các vùng của thị trường
- Các thí nghiệm và kết quả

THÍ NGHIỆM NỔI TIẾNG CỦA HECHT, SCHLAER & PIRENNE

Vào năm 1942, 3 nhà khoa học Hecht, Schlaer & Pirenne đã thực hiện một thí nghiệm nổi tiếng để trả lời câu hỏi sau (Cornsweet, 1970).

- Trong điều kiện lí tưởng, lượng ánh sáng tối thiểu mà mắt người có thể phát hiện được là bao nhiêu?

Nói một cách khác, họ muốn đo độ nhạy tuyệt đối của mắt người. Chúng ta sẽ xem lại thí nghiệm cổ điển này bởi vì phát hiện của nó rất đáng ngạc nhiên, và nó là một cơ hội lớn để nghiên cứu các nguyên lí cơ bản mà các nhà khoa học và các nhà lâm sàng phải xem xét khi đo thị lực. (Schwartz, 2004 đề cập ngắn gọn đến thí nghiệm này ở Chương 3, trang 30).

Đầu tiên dường như đây là một thí nghiệm đơn giản. Bạn cần đo được ánh sáng mờ nhất mà mắt người có thể thấy bằng cách cho bệnh nhân thấy một ánh sáng và giảm độ sáng đến khi không còn nhìn thấy nó nữa. Nó nhắc tôi nhớ lại lời nhận xét của một sinh viên mới tốt nghiệp khi tôi ở Đại học Indiana. Anh hỏi, “Lấy bằng tiến sĩ khó thế nào? Bạn chỉ cần tham gia một số khóa học được yêu cầu, làm một số thí nghiệm, thu thập dữ liệu và viết luận án.” Sau đó không lâu anh ta nhận thấy rằng đối với khoa học (nếu bạn làm một cách đúng đắn) thì mọi thứ phức tạp hơn **nhiều** so với mình nghĩ lúc đầu!

Một mô tả thí nghiệm bề ngoài có vẻ đơn giản của Hechtquickly nhanh chóng trở thành phức tạp khi bạn xem xét các chi tiết. Ngoài việc làm ra một bộ máy có thể điều khiển chính xác độ sáng, họ đã phải xem xét những chi tiết sau trong thiết kế thí nghiệm của mình:

- Bệnh nhân cần được thích ứng tối bao lâu trước khi bắt đầu thí nghiệm?
- Ánh sáng phải chiếu vào đâu trong thị trường?
- Kích thước của ánh sáng phải thế nào?
- Ánh sáng phải được để trong bao lâu?
- Ánh sáng thử phải có màu gì?

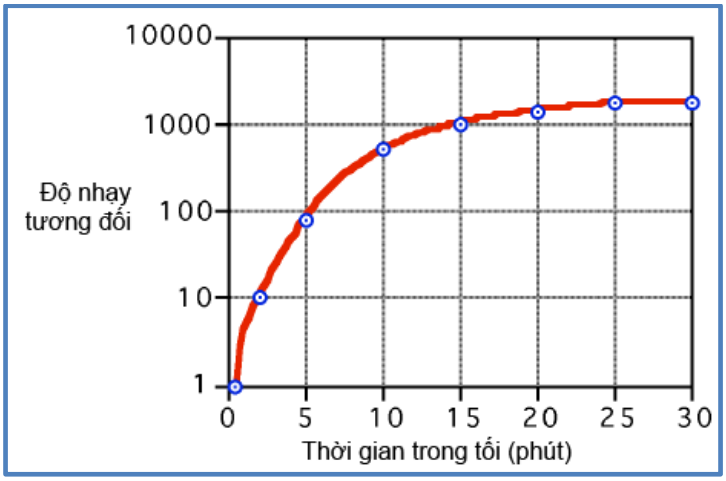
THÍCH ỨNG TỐI

Chúng ta biết rằng mắt nhạy hơn nhiều nếu một người ở trong tối một thời gian. Thí dụ, nếu bạn đi vào một nhà hát hoặc phòng tối vào một ngày trời nắng, thì ban đầu bạn sẽ không nhìn thấy gì. Tuy nhiên, theo thời gian, mắt bạn thích nghi với bóng tối và bạn bắt đầu nhìn thấy mặc dù mức sáng rất thấp.

Nhằm mục đích đo độ nhạy giới hạn của mắt người, Hecht và cs muốn đo khi mắt đã nhạy cảm tối đa. Do đó, rõ ràng là bệnh nhân trước tiên phải để cho mắt thích nghi với bóng tối.

Một câu hỏi phát sinh: Bệnh nhân cần ở trong tối bao lâu trước khi bắt đầu thí nghiệm? 30 phút? 2 giờ? 8 giờ? Dữ liệu nghiên cứu đã sẵn có để cho biết độ nhạy của mắt tăng theo thời gian trong tối như thế nào, nó được gọi là **hàm thích ứng tối** (dark adaptation function) (Hình 4-1).

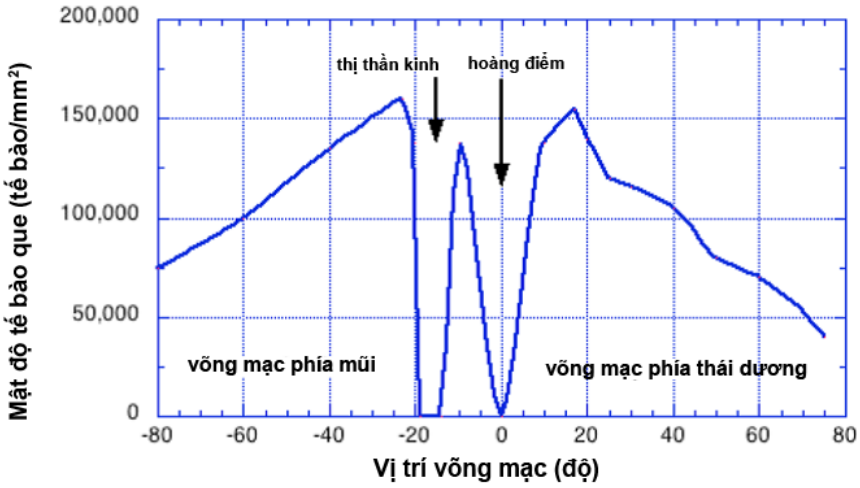
Khả năng thích ứng tối của mắt tăng nhanh nhưng chựng lại sau khoảng 30 phút. Do đó, họ quyết định để bệnh nhân thích ứng tối trong ít nhất 40 phút.



Hình 4-1: *Đường cong thích ứng tối*

ĐỘ NHẠY Ở CÁC VÙNG CỦA THỊ TRƯỜNG

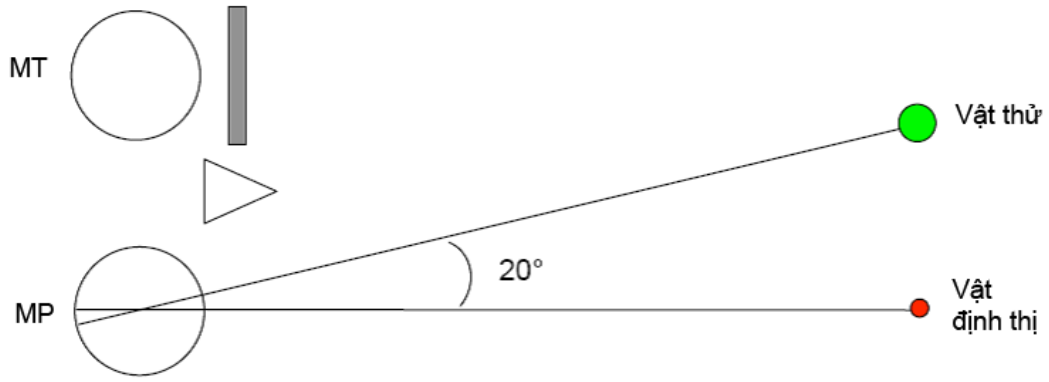
Thị lực thay đổi ở các phần khác nhau của võng mạc. Thị lực tốt nhất được đo ở hoàng điểm, nơi các tế bào nón tập trung dày đặc nhất. Tương tự, độ nhạy của mắt khác nhau theo vị trí võng mạc. Độ nhạy này chủ yếu phụ thuộc vào mật độ tế bào que, do đó Hecht và cs quyết định đặt ánh sáng thử sao cho ảnh của nó rơi vào phần võng mạc có mật độ tế bào que tối đa. Hình 4.2 cho thấy mật độ tế bào que trên một lát cắt ngang của võng mạc.



Hình 4-2: *Mật độ tế bào que ở võng mạc (trích từ Visual Perception, by Tom Cornsweet, trang 11)*

ĐỘ NHẠY Ở CÁC VÙNG CỦA THỊ TRƯỜNG (TIẾP THEO)

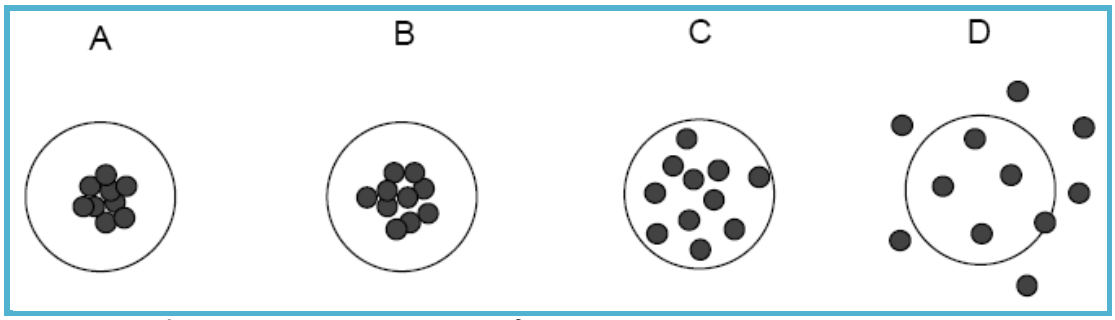
Mật độ tế bào que đạt tối đa ở khoảng 15-20° phía mũi hoặc phía thái dương của hoàng điểm. Hecht quyết định chiếu ảnh vào một điểm ở 20° phía thái dương của hoàng điểm, như vậy ông đã đặt ánh sáng thử ở 20° phía mũi so với một điểm sáng định thị màu đỏ mờ nhạt, như được minh họa ở Hình 4-3.



Hình 4-3: *Kích thích của mắt phải được đặt ở 20° bên trái điểm định thị, do đó ảnh sẽ ở võng mạc phía thái dương, nơi có mật độ tế bào que tối đa*

ĐỘ LỚN CỦA KÍCH THÍCH

Nhiều nghiên cứu đã được thực hiện để xác định mối liên quan giữa tổng số lượng tử cần thiết để có thể phát hiện một vết sáng và độ lớn của nó. Với điều kiện là vết sáng có đường kính nhỏ hơn 10 phút cung, tổng lượng ánh sáng cần thiết để phát hiện không thay đổi. Lớn hơn kích thước này thì sẽ cần nhiều ánh sáng hơn để phát hiện được kích thích. Điều này liên quan với một hiện tượng gọi là tổng hợp không gian và định luật Ricco, những chủ đề chúng ta sẽ nghiên cứu chi tiết hơn ở phần sau. Hecht và nhóm của ông đã quyết định chọn vết sáng có đường kính 10 phút cung, mặc dù một vết sáng nhỏ hơn cũng có thể chấp nhận được (Hình 4-4).



Hình 4-4: *Kích thích của mắt phải được đặt ở 20° bên trái điểm định thị, do đó ảnh sẽ rơi vào võng mạc phía thái dương, nơi có mật độ tối đa tế bào que*

Với điều kiện là toàn bộ ánh sáng rơi vào trong một vòng tròn đường kính 10 phút cung (A tới C), tổng lượng ánh sáng cần thiết để phát hiện không quan trọng. Các chấm cho thấy phân bố của các photon. Nếu phân bố ánh sáng vượt quá đường kính 10 phút cung (D) thì cần nhiều ánh sáng hơn để có thể phát hiện. Hiện tượng này sẽ được nghiên cứu chi tiết hơn ở Chương 9.

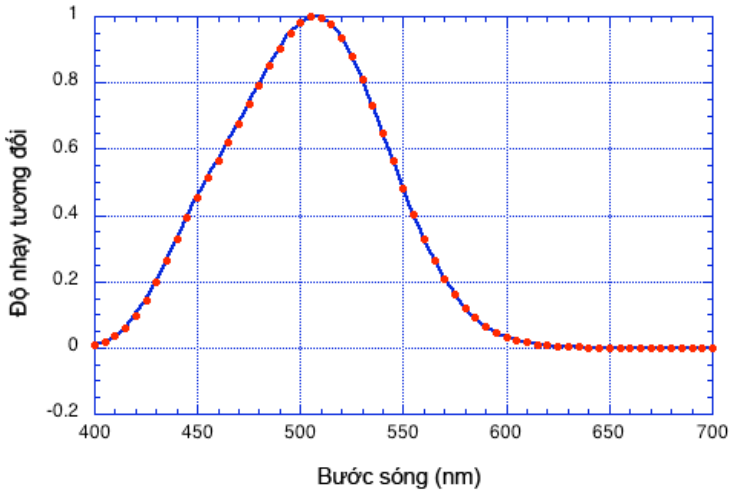
KHOẢNG THỜI GIAN KÍCH THÍCH

Nhiều thí nghiệm đã được thực hiện để nghiên cứu mối liên quan giữa tổng số lượng tử cần thiết để có thể phát hiện và khoảng thời gian chớp sáng. Với điều kiện là khoảng thời gian chớp sáng dưới 100 mili giây (gọi là thời khoảng tới hạn của tế bào que), tổng số lượng tử cần thiết để có thể phát hiện không thay đổi. Đối với các khoảng thời gian dài hơn thì cần nhiều ánh sáng hơn. Điều này liên quan với **tổng hợp thời gian** và **định luật Bloch**, những chủ đề chúng ta sẽ nghiên cứu chi tiết hơn ở Chương 10. Hecht và cs đã chọn một khoảng thời gian chớp sáng 1 mili giây.

ĐỘ NHẠY Ở CÁC VÙNG CỦA THỊ TRƯỜNG (TIẾP THEO)

MÀU CỦA KÍCH THÍCH

Hecht đã thực hiện một thí nghiệm với các điều kiện trên, nhưng sử dụng các ánh sáng bước sóng khác nhau. Ông đo lượng tối thiểu các lượng tử cần thiết để bệnh nhân có thể phát hiện được ánh sáng có các bước sóng khác nhau, và thấy rằng trong những điều kiện này mắt nhạy cảm nhất với ánh sáng 510 nm (màu lục) (Hình 4-5).



Hình 4-5: *Độ nhạy được biểu diễn theo bước sóng, trong điều kiện thích ứng tối*

CÁC THÍ NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ

Sau khi vạch ra các chi tiết này, Hecht đã làm các thí nghiệm với các điều kiện sau:

- Để bệnh nhân thích ứng tối trong 40 phút
- Che một mắt, đo một mắt
- Bệnh nhân định thị một đèn đỏ tối rất mờ
- Kích thích (tức là vết sáng) nằm ở 20° phía mũi so với điểm định thị
- Đường kính vết sáng là 10 phút cung
- Đèn thử sẽ lóe sáng trong 1 mili giây
- Bước sóng là 510 nm (màu lục)

Khi đã sẵn sàng, bệnh nhân sẽ bấm nút, và đèn thử sẽ lóe sáng. Bệnh nhân sau đó sẽ cho biết là nhìn thấy hay không thấy ánh sáng. Sau đó giảm cường độ sáng để tìm cường độ tối thiểu bệnh nhân có thể thấy được.

Hecht và cs đã xác định là trong những điều kiện này, một người vừa đủ thấy ánh sáng nếu vừa đủ 90 lượng tử được chiếu ở trước giác mạc. Mức độ này nhạy một cách đáng kinh ngạc so với bất kì cảm biến ánh sáng nhân tạo nào.

Kết quả này dẫn đến một câu hỏi khác đáng chú ý hơn: “Nếu ít nhất 90 lượng tử phải vào mắt để có thể nhìn thấy thì lượng ánh sáng tối thiểu mà một tế bào que có thể phát hiện được là bao nhiêu?”

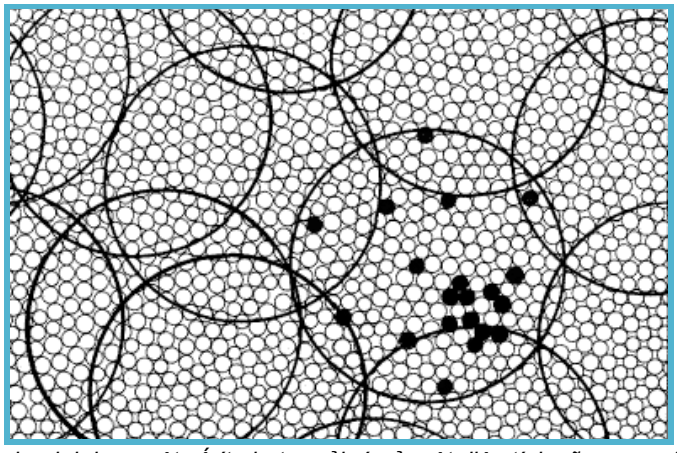
Nếu phải chiếu 90 lượng tử vào mắt để phát hiện được thì điều này không nhất thiết nghĩa là tế bào quang thụ của võng mạc đòi hỏi tối thiểu 90 lượng tử, bởi vì không phải tất cả 90 photon đều tới võng mạc. Hầu hết 90 lượng tử tới mắt không hề tới tế bào quang thụ của võng mạc. Hecht và cs đã lí giải cho 90 photon như sau:

Trong số 90 lượng tử tới mắt:

- Khoảng 3% bị phản xạ bởi giác mạc
- Khoảng 47% bị tổn thất do hấp thụ bởi các môi trường quang học và sắc tố
- Khoảng 40% rơi vào giữa các tế bào que ở võng mạc và được hấp thụ bởi biểu mô sắc tố võng mạc

Còn lại khoảng 10% ánh sáng tới. Do đó, chỉ khoảng 9-10 photon thực sự tới võng mạc và được hấp thụ bởi tế bào que.

CÁC THÍ NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ (TIẾP THEO)



Hình 4-6: *Hình minh họa một số ít photon rải rác ở một diện tích võng mạc 10 phút cung. Các vòng màu trắng đại diện cho các tế bào que. [trích từ Cornsweet (1970) trang 17]*

10 photon này rơi vào một diện tích võng mạc 10 phút cung, diện tích này chứa khoảng 500 tế bào que. Nếu các photon được phân bố ngẫu nhiên, chúng ta có thể giả định chắc chắn rằng mỗi photon rơi vào một tế bào que khác. Hecht và cs kết luận rằng, nếu chỉ có 10 tế bào que (trong một diện tích 10 phút cung) thu nạp một photon thì bệnh nhân sẽ phát hiện được ánh sáng. Kết luận đáng ngạc nhiên nhất (trích từ Cornsweet) là:

Điều này nghĩa là **một lượng tử đơn độc** phải là đủ để hoạt hóa một tế bào que, và những tác dụng của sự hoạt hóa khoảng 10 tế bào que ở gần nhau bằng cách nào đó được tổng hợp bởi hệ thống thị giác. ... phát hiện của Hecht và cs., rằng một lượng tử đơn độc là đủ để hoạt hóa một tế bào que, được xác minh chắc chắn.

(Cornsweet, T. Visual Perception. Academic Press, New York, 1970. trang 25-26).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Schwartz SH. **Visual Perception - A Clinical Orientation, 3rd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, Connecticut, 2004
- Cornsweet, T. **Visual Perception. Academic Press**, New York, 1970. Chapter 2