BrienHoldenVisionInstitute

GIỚI THIỆU VỀ SẮC GIÁC

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:

- Thuyết sắc giác 3 màu
- Metamer và các định luật Grassman

GIỚI THIỆU

Cho đến đây, chúng ta đã nghiên cứu các khía cạnh của thị giác như thích ứng thị giác, thị lực không gian, thị lực thời gian và nhận thức chuyển động. Với bài giảng này, chúng ta sẽ bắt đầu một lĩnh vực quan trọng, đó là sắc giác. Chúng ta sẽ theo một cách chặt chẽ tài liệu được giới thiệu trong Schwartz, 2004 (Chương 5 và 6). Các nội dung chính là:

- Thuyết sắc giác 3 màu
- Các hiện tượng gắn với sắc giác
- Các hệ thống đặc tả màu
- Các rối loạn sắc giác
- Thử sắc giác

TẠI SAO CHÚNG TA CẦN NGHIÊN CỨU SẮC GIÁC?

- Nó là một trong những khía cạnh quan trọng nhất của thị giác.
- Đôi khi chúng ta đánh giá sắc giác để xem bệnh nhân có đáp ứng những yêu cầu nghề nghiệp không.
- Chúng ta cần một kiến thức cơ bản về sắc giác để chẩn đoán các rối loạn sắc giác (mù màu, v.v)..
- Thử sắc giác giúp chẩn đoán một số bệnh, như viêm thị thần kinh hoặc nhiễm độc Plaquenil.

THUYẾT SẮC GIÁC 3 MÀU

Bạn đã biết rằng màu sắc liên quan chặt chẽ với bước sóng ánh sáng. Một vấn đề cơ bản của cảm thụ màu là hệ thống thị giác phân biệt các bước sóng khác nhau như thế nào?

Đã từ lâu, người ta đưa ra lí thuyết rằng chúng ta nhận biết được các màu khác nhau bởi vì có một tế bào cảm thụ cho mỗi màu.

Thí dụ, nếu một người nhìn vào một tán lá của mùa thu thì ảnh võng mạc của các lá màu đỏ sẽ kích thích các tế bào cảm thụ màu đỏ, các lá màu vàng kích thích các tế bào cảm thụ màu vàng, các lá màu cam kích thích các tế bào cảm thụ màu cam, các lá màu lục kích thích các tế bào cảm thụ màu lục, do đó đang hoạt động cho mỗi màu.

Câu hỏi: Vấn đề của thuyết này là gì?

Trả lời: _____

Năm 1802, nhà khoa học thị giác nổi tiếng Thomas Young đã đề ra một thuyết cảm thụ màu chỉ đòi hỏi 3 loại tế bào cảm thụ màu. Thuyết này được gọi là **thuyết sắc giác 3 màu**. Trang 90 ở Schwartz (trích từ Young):

> *Do hầu như không thể tưởng tượng mỗi điểm cảm thụ của võng mạc chứa một số vô hạn các hạt, mỗi hạt có thể dao động hợp nhất chính xác với mỗi chuyển động sóng có thể, do đó cần phải giả định một số có hạn, thí dụ giới hạn ở 3 màu chính ... và mỗi hạt đều có thể được khởi động một cách ép buộc ít nhiều bởi các chuyển động sóng hầu như khác với sự hợp nhất chính xác. Mỗi sợi cảm thụ của các dây thần kinh có thể gồm 3 phần, mỗi phần cho một màu chính.*

MÙ MÀU HOÀN TOÀN (MONOCHROMACY)

Để hiểu được sắc giác 3 màu, chúng ta bắt đầu bằng việc xem xét sự phân biệt bước sóng sẽ thế nào nếu chỉ có một loại tế bào quang thụ võng mạc, chẳng hạn chỉ có tế bào que. Đây là trường hợp của những người bị rối loạn sắc giác di truyền gọi là mù màu hoàn toàn có tế bào que. Nếu đưa ra 2 kích thích bước sóng khác nhau, liệu một người **mù màu hoàn toàn có tế bào que** có thể phân biệt được chúng không khi chỉ dựa vào bước sóng?

Quang sắc tố có một phổ hấp thụ, như được thấy ở Hình 5-1 của Schwartz. Các sắc tố khác nhau được hấp thụ khác nhau, như vậy liệu một người chỉ có một quang sắc tố (trong một loại tế bào quang thụ) có thể phân biệt được 2 bước sóng khác nhau (λa, λb) không?

Nhìn vào Hình 5-2, bạn có thể thấy rằng, nếu 2 kích thích (λa, λb) có độ trưng bằng nhau thì độ sáng tương đối của 2 vùng sáng sẽ khác nhau dựa vào sự hấp thụ khác nhau theo bước sóng. Nếu cả 2 vùng sáng phát ra 100 lượng tử thì tế bào quang thụ sẽ hấp thụ 25 lượng tử ở trường hợp λa, nhưng 50 lượng tử ở λb. 2 vùng sáng sẽ biểu hiện khác nhau, nhưng do những chênh lệch độ sáng nhận thấy của chúng.

Cần chú ý rằng các tế bào quang thụ không truyền bất kì thông tin cụ thể nào về bản thân bước sóng. Nó đơn giản hấp thụ ánh sáng và chuyển đi một tín hiệu điện. Mặc dù khả năng hấp thụ ánh sáng thay đổi theo bước sóng, nhưng khi ánh sáng được hấp thụ thì chỉ có một đáp ứng: kích thích thần kinh. Điều này được gọi là **nguyên lí đơn biến**.

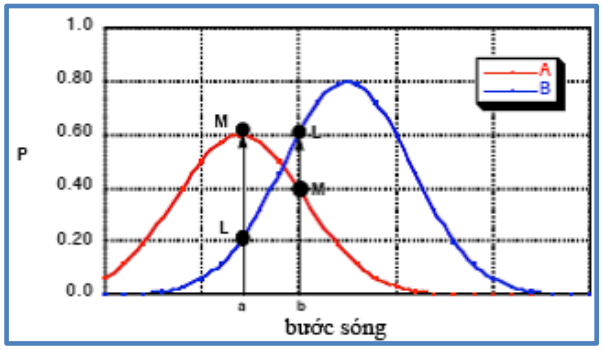
Bây giờ, nếu bạn tăng gấp đôi độ trưng λa thì nó sẽ biểu hiện độ sáng giống như λb (Hình 5-2). Trong trường hợp đó, kích thích thần kinh của cả 2 vùng sáng sẽ bằng nhau, và vỏ não thị giác sẽ nhận được tín hiệu giống nhau từ cả 2 vùng sáng, mặc dù thực tế là chúng có bước sóng khác nhau.

Đối với một người mù màu hoàn toàn, bao giờ cũng có thể so khớp 2 vùng sáng có bước sóng khác nhau bằng cách điều chỉnh các cường độ sáng tương đối của chúng. Nói một cách khác, có thể đánh lừa một người mù màu hoàn toàn để họ nghĩ rằng 2 bước sóng khác nhau có cùng màu bằng cách điều chỉnh các độ trưng tương đối của chúng.

Điều này nghĩa là người mù màu hoàn toàn không thể phân biệt 2 bước sóng nếu chỉ dựa vào chênh lệch bước sóng. Do đó, những người mù màu hoàn toàn bị mù màu theo nghĩa là họ không phân biệt được các bước sóng.

THUYẾT SẮC GIÁC 3 MÀU (TIẾP THEO)

TẬT MÙ MỘT MÀU (DICHROMACY)



Hình 21-1: *So màu đối với một người mù một màu (có 2 tế bào quang thụ)*

Nếu võng mạc có 2 quang sắc tố khác nhau (M và L ở Hình 21-1 trên, Hình Schwartz 5-4), mỗi quang sắc tố có phổ hấp thụ hơi khác nhau, liệu một hệ thống màu như vậy có thể phân biệt 2 bước sóng khác nhau chỉ dựa vào bước sóng hay không?

Để bệnh nhân nhìn 2 mảng sáng, một mảng có bước sóng λ_a, và mảng kia có bước sóng λ_b. Để kiểm tra xem bệnh nhân có phân biệt được 2 bước sóng hay không, bạn yêu cầu bệnh nhân cố gắng chỉnh cường độ của 2 mảng sáng để cho chúng khớp với nhau. Nếu bệnh nhân so khớp được màu thì người đó không thể phân biệt được các bước sóng nếu chỉ dựa vào thông tin bước sóng. Nếu bệnh nhân không thể so màu thì chúng ta biết rằng các độ sáng nhìn bao giờ cũng khác nhau, bất kể cường độ thế nào. Điều này cho biết rằng bệnh nhân có thể phân biệt được 2 bước sóng này chỉ dựa vào bước sóng.

Trong thí dụ được đưa ra ở Hình 21-1 và Hình Schwartz 5-4, phổ hấp thụ phổ của 2 quang sắc tố khác nhau nhưng có phân bố chồng lên nhau. Xem bảng ở Hình 5-4. Nếu độ sáng của cả 2 mảng được đặt ở 100 thì tín hiệu ra từ võng mạc của 2 mảng sáng sẽ khác nhau. Đối với λ_a đáp ứng thần kinh sẽ dựa vào 60 hấp thụ lượng tử từ tế bào nón M + 20 hấp thụ lượng tử từ tế bào nón L (60M + 20L). Đối với λ_b đáp ứng sẽ là 40M + 60L. Điều này được minh họa ở Hình Schwartz 5-4.

Câu hỏi: Có thể điều chỉnh độ chói của 2 ánh sáng để cho tín hiệu từ tế bào nón M và tế bào nón L bằng nhau cho 2 mảng sáng không?

Trả lời: _____

Dù bạn cố gắng điều chỉnh cường độ của 2 mảng sáng thế nào đi nữa thì tín hiệu ra của các tế bào nón L và M sẽ luôn luôn khác đối với 2 bước sóng thử.

- Đối với λ_a, đáp ứng của M sẽ luôn lớn hơn và đáp ứng của L sẽ luôn nhỏ hơn
- Đối với λ_b, đáp ứng của M sẽ luôn nhỏ hơn và đáp ứng của L sẽ luôn lớn hơn

Khi dùng 2 bước sóng, được chia giữa 2 mảng sáng, một người mù một màu không bao giờ có thể làm cho chúng tương hợp nhau. Bạn không thể đánh lừa cho họ tưởng rằng 2 bước sóng giống nhau, do đó họ phân biệt bước sóng tốt hơn người mù màu hoàn toàn, do có thêm một quang sắc tố.

Thêm một bước sóng khác

Để nghiên cứu sâu hơn sự phân biệt bước sóng ở người mù một màu, hãy xem xét thí nghiệm được minh họa ở Schwartz Hình 5-5. Có 2 mảng sáng, nhưng lần này mảng bên trái gồm có một hỗn hợp 2 bước sóng (λ_a và λ_c). Bằng cách thay đổi hỗn hợp 2 bước sóng này, có thể làm cho chúng tương hợp với một bước sóng thứ ba (λ_b)?

Chú ý rằng λ_a bình thường kích thích mạnh các tế bào nón M và kích thích yếu các tế bào nón L. λ_c kích thích rất mạnh các tế bào nón L và kích thích yếu hơn các tế bào nón M. Bằng cách điều chỉnh cẩn thận hỗn hợp λ_a cộng λ_c bạn có thể làm cho tín hiệu ra của tế bào nón M và L tương hợp với tín hiệu ra của tế bào nón M và L cho riêng λ_b. Đối với bệnh nhân, mảng sáng chứa λ_a cộng λ_c sẽ biểu hiện giống hệt λ_b. 2 mảng sáng có bước sóng khác nhau, nhưng trông giống hệt nhau được gọi là **các metamer**.

Do đó, những người mù một màu có phân biệt bước sóng ở mức độ nào đó, nhưng không hoàn hảo. Họ có thể bị đánh lừa để tưởng rằng một hỗn hợp cụ thể 2 bước sóng là giống như bước sóng thứ ba. Nói một cách khác, 2 mảng sáng có thể được làm tương hợp với hỗn hợp đúng của 3 bước sóng.

THUYẾT SẮC GIÁC 3 MÀU (TIẾP THEO)

SẮC GIÁC 3 MÀU

Một người sắc giác bình thường phân biệt bước sóng tốt hơn một người mù một màu bởi vì họ có 3 quang sắc tố (ở 3 loại tế bào nón). Hình 21-2 cho thấy phổ hấp thụ của quang sắc tố ở trong 3 loại tế bào nón của người. Các tế bào nón được gọi tên bằng các chữ S (Short), M (Middle) và L (Long) bởi vì các độ nhạy cực đại của chúng ở dải bước sóng ngắn, bước sóng trung và bước sóng dài. Bảng 21-1 tóm tắt một số đặc điểm của 3 quang sắc tố.

Bảng 21-1: *3 loại tế bào nón của người và đặc điểm của các quang sắc tố của chúng*

LOẠI TẾ BÀO BÓN	QUANG SẮC TỐ	ĐỘ NHẠY CỰC ĐẠI (NM)	PHẠM VI (NM)
S	Sắc tố cảm thụ màu lam	426	~ 400-530+
M	Sắc tố cảm thụ màu lục	530	~ 400-680+
L	Sắc tố cảm thụ màu đỏ	552 hoặc 557	~ 400-700+

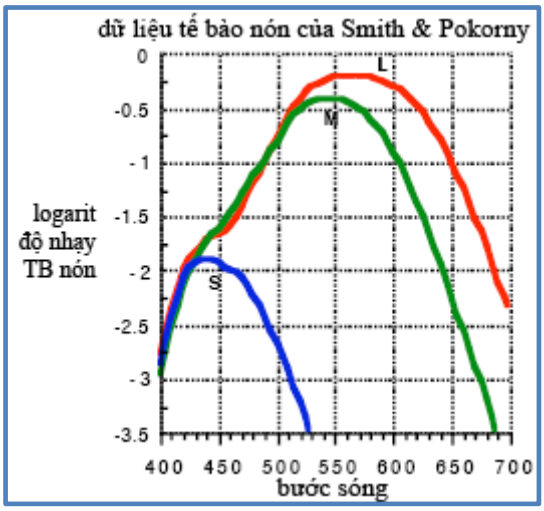
Trong quá khứ, 3 quang sắc tố được gọi là quang sắc tố màu lam, màu lục và màu đỏ, nhưng điều này có thể cho một ấn tượng sai rằng mỗi quang sắc tố hấp thụ chỉ một bước sóng đơn. *Chú ý rằng mỗi quang sắc tố hấp thụ ánh sáng ở một dải rộng các bước sóng, và có phần đáng kể chồng chéo nhau*. Cả 3 quang sắc tố có phổ hấp thụ chồng chéo ở một dải bước sóng nhất định (dưới ~ 545 nm).

Câu hỏi: Có bao nhiêu loại tế bào nón hấp thụ bước sóng trên 545?

Trả lời: _____

Test so màu metamer lừa được người mù một màu nhưng không lừa được người sắc giác bình thường. Giả dụ 2 mảng sáng và dùng 3 bước sóng, họ sẽ không bao giờ bị lừa vào việc so màu chúng. Họ bao giờ cũng có thể nói rằng mảng có 2 bước sóng khác với mảng kia.

Tuy nhiên, nếu bạn trộn vào một bước sóng thứ tư (λ_d) thì có thể so màu metamer cho một người sắc giác bình thường. Tức là, giả dụ 4 bước sóng được chia cho 2 mảng, bạn có thể trộn chúng theo cách để cho chúng (mặc dù thực tế khác nhau) được thấy là đồng nhất.



Hình 21-2: *Phổ hấp thụ của các tế bào nón S, M, và L.*

THUYẾT SẮC GIÁC 3 MÀU (TIẾP THEO)

SẮC GIÁC 4 MÀU (TETRACHROMACY)

Một số nhà nghiên cứu đã cho rằng các tế bào que cũng có thể góp phần vào sắc giác. Nếu điều đó là đúng thì chúng ta sẽ có một hệ thống 4 màu. Như được tóm tắt ở Bảng 21-2, nếu một người nhận tín hiệu vào từ 4 tế bào quang thụ khác nhau thì sẽ phân biệt bước sóng tốt hơn một người sắc giác bình thường, người đó bao giờ cũng có thể phân biệt 2 mảng sáng có bất kì kết hợp nào của 4 bước sóng. Tuy nhiên, người này có thể so màu metamer bằng 5 bước sóng khác nhau.

Bảng 21-2: *Các nguyên lí so màu*

Bệnh	Số quang sắc tố	Số tối thiểu bước sóng cho đặc tính metamer
Mù màu hoàn toàn	1	2
Mù một màu	2	3
Sắc giác bình thường	3	4
Sắc giác 4 màu	4	5

METAMER VÀ CÁC ĐỊNH LUẬT GRASSMAN

Các thí nghiệm so màu đã được dùng để nghiên cứu sự cảm thụ màu, và người ta thường thừa nhận rằng con người có một hệ thống 3 màu dựa vào các tế bào nón S, M và L. Cần nhớ lại rằng **các metamer** là các cặp kích thích có thể được làm cho phù hợp màu mặc dù thực tế là chúng gồm các bước sóng khác nhau. **Các định luật Grassman** tóm tắt một số nguyên lí cơ bản của so màu metamer:

Tính chất cộng các metamer: nếu cộng cùng một bước sóng vào 2 metamer thì chúng vẫn là các metamer (Hình Schwartz 5-8 trên)

Tính chất nhân các metamer: nếu nhân cường độ của 2 metamer với cùng một hệ số thì chúng vẫn là các metamer (Hình 5-8 giữa)

Tính chất liên kết các metamer: các metamer có thể được thay thế vào các hỗn hợp khác nhưng cảm thụ màu vẫn không thay đổi (Hình 5-8 dưới)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

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