BrienHoldenVisionInstitute

SẮC GIÁC 3 MÀU, HỆ MÀU MUNSELL, SẮC GIÁC BÌNH THƯỜNG

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:

- Bằng chứng của sắc giác 3 màu
- Di truyền học phân tử của quang sắc tố tế bào nón
- Các nhãn màu
- Hệ màu Munsell
- Sắc giác bình thường

BẰNG CHỨNG CỦA SẮC GIÁC 3 MÀU

Nghiên cứu khoa học bằng nhiều phương pháp đã xác định rằng võng mạc bình thường của người có 3 loại tế bào nón, và phổ hấp thụ đặc trưng cho quang sắc tố chứa trong mỗi tế bào nón đã được nhận biết.

Đây là cơ sở của sắc giác 3 màu. Các phương pháp thực nghiệm được dùng để nghiên cứu sắc giác gồm:

- Các nghiên cứu so màu của vật lí thần kinh
- Đo mật độ võng mạc
- Đo quang phổ vi thể của tế bào riêng lẻ
- Ghi điện sinh lí để đo độ nhạy phổ của tế bào quang thụ riêng lẻ
- Soi đáy mắt độ phân giải cao quang học thích ứng

Vào những năm 1960, một nhà khoa học tên là Rushton đã đề ra phương pháp **đo mật độ võng mạc** để nghiên cứu quang sắc tố võng mạc. Để nghiên cứu phổ hấp thụ của tế bào nón M, bạn phải tìm một người rối loạn sắc giác chỉ có tế bào nón M ở hoàng điểm. *Bình thường, tế bào nón S không có ở hoàng điểm*, do đó một người không có tế bào nón L sẽ chỉ có tế bào nón M ở hoàng điểm.

Bắt đầu bằng cách chiếu ánh sáng đơn sắc (chỉ có một bước sóng) có độ trưng đã biết lên hoàng điểm, sau đó đo lượng ánh sáng phản xạ ra ngoài. Độ trưng của ánh sáng phản xạ sẽ thấp hơn độ trưng của ánh sáng tới do sự hấp thụ bởi quang sắc tố. Do đó, có thể tính được độ hấp thụ tương đối cho bước sóng đó. Đo lặp lại cho nhiều bước sóng, bạn có thể xác định được phổ hấp thụ của tế bào nón M.

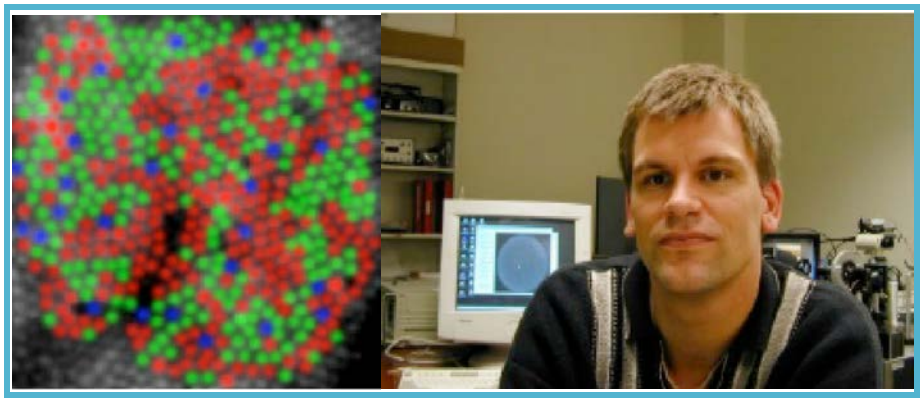
Để tìm phổ hấp thụ của tế bào nón L, bạn phải làm lặp lại qui trình đo với người rối loạn sắc giác không có tế bào nón M. Đo mật độ võng mạc giúp xác định phổ hấp thụ của tế bào nón L và tế bào nón M qua trung tâm của phổ nhìn thấy, nhưng phương pháp này không chính xác ở dải bước sóng ngắn và dài.

BẰNG CHỨNG CỦA SẮC GIÁC 3 MÀU (TIẾP THEO)

Trong **đo quang phổ vi thể** (microspectrophotometry), một tế bào đơn được tách riêng và được chiếu một ánh sáng đơn sắc có độ trưng đã biết. Ánh sáng truyền qua được đo và chênh lệch giữa ánh sáng tới và ánh sáng truyền qua được cho là do hấp thụ của quang sắc tố. Làm lặp lại với nhiều bước sóng, bạn có thể xác định phổ hấp thụ của một loại tế bào nón. (Xem Hình 5-8 của Schwartz)

Ghi điện sinh lí các tế bào nón riêng lẻ cũng có thể được dùng để xác định phổ hấp thụ của chúng. Trong phương pháp này, một vi điện cực đo đáp ứng điện của một tế bào nón riêng rẽ khi được chiếu ánh sáng đơn sắc. Bằng cách đo độ trưng tối thiểu cần thiết để gây ra một đáp ứng, bạn xác định ngưỡng cho bước sóng đó. Đo lặp lại cho nhiều bước sóng để xác định phổ ngưỡng, nghịch đảo của phổ ngưỡng là phổ độ nhạy tương đối của tế bào nón.

Tiến sĩ Austin Roorda, đại học California ở Berkeley, đã sử dụng **quang học thích ứng** (adaptive optics) để đo và trung hòa quang sai của mắt, sau đó chụp các ảnh độ phân giải cực cao của tế bào quang thụ ở người sống. Trước đó, cách duy nhất để chụp ảnh một tế bào quang thụ riêng lẻ là cắt con mắt ra và soi các lát cắt mô học trên kính hiển vi điện tử. Ông kết hợp các ảnh độ phân giải cao với đo mật độ võng mạc và nhận dạng loại tế bào nón trong một dãy tế bào quang thụ của võng mạc. Hình 22-1 (trái) lấy từ trang web của ông cho thấy sự sắp xếp không gian của 3 loại tế bào nón ở võng mạc của một người. Tiến sĩ Roorda đã có thể chụp ảnh các tế bào quang thụ riêng lẻ ở mắt người sống, và đã sử dụng các phương pháp tẩy màu chọn lọc để phân lập các quang sắc tố khác nhau ở mắt người sống.



Hình 22-1 *Sử dụng máy chụp ảnh đáy mắt quang học thích ứng độ phân giải cao và đo mật độ võng mạc, Ts Austin Roorda (ảnh trên) có thể nhận dạng các tế bào nón S, M và L riêng lẻ ở võng mạc người sống.*

DI TRUYỀN HỌC PHÂN TỬ CỦA QUANG SẮC TỐ TẾ BÀO NÓN

(Đọc Schwartz, 2004 trang 98-101)

CÁC NHÃN MÀU

Bước sóng thường gắn với một màu cụ thể, nhưng ánh sáng tạo ra bởi một bước sóng không phải bao giờ cũng có cùng một màu. Nó có thể có một màu khác, tùy theo độ sáng của một nguồn sáng đơn sắc. Bạn có thể có màu lục sáng 555 nm hoặc màu lục sẫm 555 nm. Sẽ đúng hơn nếu mô tả thuộc tính màu gắn chặt nhất với bước sóng là "sắc màu" (hue). Thí dụ, sắc màu gắn với bước sóng khoảng 400 nm là màu tím, 525 là màu lục, 570 là màu vàng, 630 là màu đỏ, v.v. Màu là một thuật ngữ chung thường dùng, nhưng để cụ thể hơn về một màu, chúng ta cần mô tả nó theo 3 thuộc tính cơ bản:

- Sắc màu
- Độ bão hòa
- Độ sáng

CÁC NHÃN MÀU (TIẾP THEO)

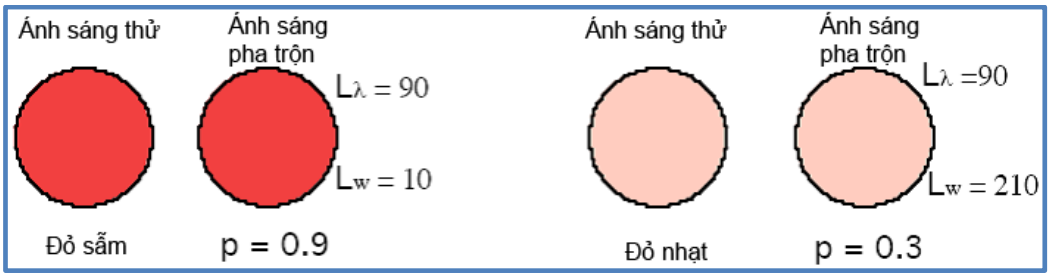
Một sắc màu cụ thể cũng khác nhau về **độ bão hòa**. Độ bão hòa mô tả một màu nhất định thuần túy hoặc phong phú thế nào. Thí dụ, màu đỏ bão hòa cao (đỏ thuần túy) có thể được **khử bão hòa** bằng cách trộn với màu trắng, làm cho nó trở thành màu hồng. Trong thí dụ này, màu đỏ thuần túy và màu hồng sẽ có sắc màu như nhau, nhưng độ bão hòa khác nhau. Chú ý rằng trong thí dụ này màu đỏ và màu hồng có màu khác nhau nhưng chúng có *cùng một sắc màu*.

Độ bão hòa tương đối của một màu thử có thể được chỉ ra bằng **độ chuẩn màu của nó** (colourimetric purity – **p**)

L_λ : độ chói của một bước sóng phổ thuần túy

L_w : độ chói của một ánh sáng trắng thêm vào L_λ để khớp với màu thử.

Ở thí dụ trong Hình 22-2, màu thử ở bên trái khớp với một hỗn hợp 90 phần đỏ thuần túy + 10 phần trắng thuần túy. Nó có độ chuẩn màu 0.9. Màu được thử ở mảng sáng bên phải khớp với một hỗn hợp 90 phần đỏ thuần túy + 210 phần trắng thuần túy, độ chuẩn màu là 0.3.



Hình 22-2: *Hai thí dụ cách đo độ chuẩn màu (hoặc độ bão hòa) của một sắc màu cụ thể*

Độ tinh khiết của kích thích được tính bằng công thức:

Độ tinh khiết của kích thích (p) = $\frac{a}{a+b}$

Độ sáng đã được đề cập ở phần trước. Nó cũng là một thông số cơ bản dùng để mô tả một màu cụ thể. Độ sáng nhận thấy liên quan chặt chẽ với hàm V(λ). Thông tin độ sáng được mã hóa dựa vào tín hiệu từ cả tế bào nón M và tế bào nón L. Chú ý rằng độ sáng không đúng bằng độ chói, tuy nhiên chúng liên quan chặt chẽ với nhau. Do quá trình xử lí thần kinh, 2 ánh sáng có độ chói bằng nhau đôi khi có thể có độ sáng nhận thấy khác nhau.

HỆ MÀU MUNSELL

Nhiều hệ thống đã được đưa ra để định rõ màu. Một là hệ thống đặc tả màu CIE. Một hệ thống nổi tiếng khác được dùng trong mĩ thuật và công nghiệp sơn là hệ trật tự màu Munsell. Bạn có thể đọc một mô tả kĩ thuật của hệ màu Munsell ở trang web sau:

http://www.coloursystem.com/?page_id=860&lang=en

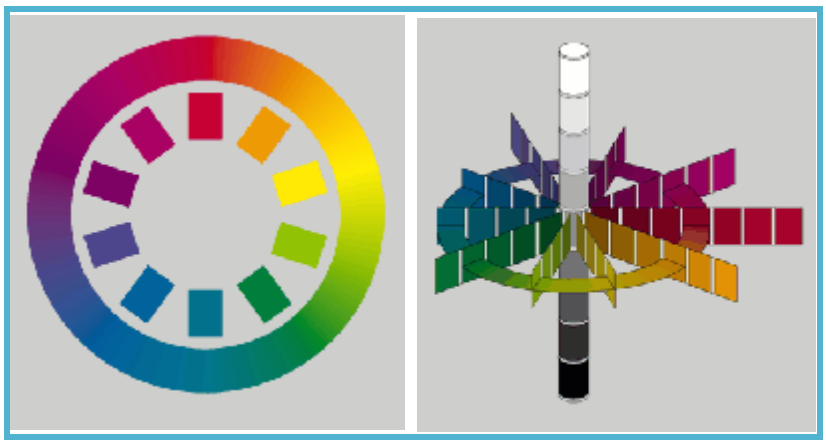
Wikipedia có một tóm tắt tốt, ngôn ngữ đơn giản về hệ màu Munsell:

(http://en.wikipedia.org/wiki/Munsell color_system).

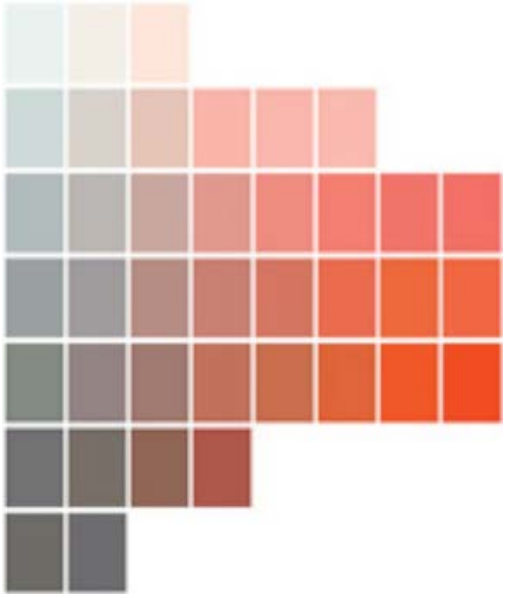
Năm 1905, họa sĩ A.H. Munsell đã tổ chức một số lớn các mẫu màu theo sắc màu, độ bão hòa và độ sáng. Sự sắp xếp này trở thành hệ màu Munsell.

> *Hệ trật tự màu Munsell là một cách để chỉ ra chính xác các màu và cho thấy mối liên quan giữa các màu. Mỗi màu có 3 thuộc tính: sắc màu (hue), độ sáng (value) và sắc độ (chroma). Munsell đã đưa ra thang độ số với các bậc nhìn đều nhau cho mỗi thuộc tính. Cuốn Sách màu Munsell có một tập hợp các tấm màu được xếp theo thang độ này. Mỗi tấm màu được nhận biết bằng số với thang độ này. Màu của bất kì bề mặt nào cũng có thể được nhận biết bằng cách so sánh nó với các tấm màu, với độ rọi và điều kiện nhìn thích hợp. Sau đó màu được nhận biết bằng **sắc màu**, **độ sáng** và **sắc độ**. Các thuộc tính này được kí hiệu bằng cách chữ H, V, và C và được viết dưới dạng H V/C, gọi là kí hiệu Munsell. (trích từ: http://www.munsell.com/munsell1.htm)*

HỆ MÀU MUNSELL



Hình 22-3: *Hình trái cho thấy sự thay đổi các sắc màu khi trụ Munsell được nhìn từ phía trên. Hình phải cho thấy các màu cũng thay đổi từ trung tâm ra chu vi (sắc độ hoặc độ bão hòa) và từ trên xuống dưới (độ sáng)*



Hình 22-4: *Hệ màu Munsell*

Trong hệ màu Munsell, các màu bão hòa cao ở càng xa trung tâm. Hình 22-4 cho thấy một lá của cây Munsell. Tất cả các mẫu ở lá này có cùng một sắc màu, nhưng khác nhau ở độ sáng và độ bão hòa (sắc độ)

Trong hệ màu Munsell, tất cả các màu được sắp xếp theo một khối dạng trụ trong đó các sắc màu thay đổi quanh chu vi của trụ. Hình 22-3 trái cho thấy sự sắp xếp được nhìn từ phía trên. **Các sắc màu** được chia thành 10 khu vực rộng, mỗi khu vực có 10 bậc sắc màu nhỏ hơn. Tổng cộng có 100 sắc màu trong hệ này. Các sắc màu chính được viết tắt bằng các chữ R, YR, Y, GY, G, BG, B, PB, P và RP, và các bậc trong mỗi sắc màu chính được kí hiệu bằng một con số. Thí dụ, sắc màu ở giữa khu vực đỏ được kí hiệu bằng 5R. Độ sáng thay đổi từ 0 (màu đen) ở dưới cùng, tới 10 (màu trắng) ở trên cùng.

HỆ MÀU MUNSELL (TIẾP THEO)

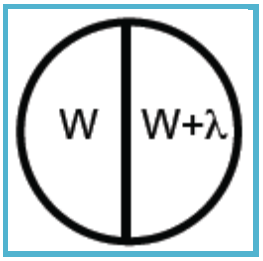
Sắc độ tương ứng với độ bão hòa (độ chuẩn màu hoặc độ tinh khiết của kích thích). Các màu trung tính (trắng, xám, đen) có sắc độ bằng 0, nhưng tất cả các màu khác có sắc độ bằng 1 hoặc lớn hơn. Các số cao hơn thì bão hòa hơn. Một số màu tự nhiên có thể có sắc độ cao tới 20, trong khi một số màu huỳnh quang có thể có sắc độ cao tới 30. Schwartz nói rằng sắc độ thay đổi từ giá trị 1 đến 14, với 1 ở trung tâm và 14 ở rìa. Xem Hình 5-19 ở Schwartz, 2004.

Khi tính đến tất cả các thông số này, bất kì màu đơn nào trong hệ màu Munsell cũng được chỉ rõ bằng dạng thức sau (Hình 24-4): sắc màu (sau đó là) độ sáng/sắc độ. Thí dụ, một màu đỏ sặc sỡ, có độ sáng bằng 6 và sắc độ (độ bão hòa) bằng 14, được kí hiệu là 5R 6/14. Các phân chia nhỏ hơn có thể được chỉ rõ bằng số thập phân. Thí dụ: 5.3R 6.1/13.5.

SẮC GIÁC BÌNH THƯỜNG

ĐỘ BÃO HÒA TƯƠNG ĐỐI CỦA CÁC MÀU QUANG PHỔ THUẦN TÚY

Một số bước sóng dường như bão hòa hơn các bước sóng khác, mặc dù tất cả chúng đều có độ chuẩn màu hoặc độ tinh khiết của kích thích là 1.0. Được mô tả khác nhau, một số màu dường như đậm hơn các màu khác. Bước sóng bão hòa ít nhất là 570 nm, nó có màu vàng.



Hình 22-5: *Trường 2 phần để đo độ bão hòa tương đối của các màu khác nhau*

Dùng một kích thích như ở Hình 22-5, bạn có thể kiểm tra độ bão hòa tương đối của một bước sóng bằng cách thêm một lượng nhỏ bước sóng đó (đã bão hòa hoàn toàn) vào ánh sáng trắng. Tiếp tục thêm ánh sáng bước sóng đó đến khi trông không còn trắng so với nửa màu trắng thuần túy của kích thích. (Chú ý rằng độ chói toàn phần ở cả 2 bên được giữ không đổi). Dùng các giá trị độ chói cho màu trắng và màu thử, bạn có thể tính độ bão hòa phổ tương đối theo công thức dưới đây.

$$\text{độ bão hòa tương đối} = \left[\frac{(L_\lambda + L_w)}{L_\lambda}\right]$$

Bạn phải thêm rất ít màu bão hòa nhiều (như màu lam hoặc màu đỏ) nhưng nhiều màu được khử bão hòa (như màu vàng 570 nm) để làm cho vùng thử trông khác với màu trắng. Bảng 22.1 cho các giá trị giả định trong một thí nghiệm để so sánh độ bão hòa của 3 bước sóng. Hình 5-11 của Schwartz, 2004 biểu diễn kết quả của loại thí nghiệm này cho nhiều màu quang phổ. Chú ý rằng màu bão hòa ít nhất gắn với ánh sáng 570 nm.

Bảng 22-1: *So sánh độ bão hòa tương đối của các bước sóng khác nhau*

Λ	MÀU	CƯỜNG ĐỘ ÁNH SÁNG TRẮNG	CƯỜNG ĐỘ Λ	(Λ+W)/Λ	LOGARIT(Λ+W)/Λ
470	lam	95	5	20	1.3
570	vàng	70	30	3.33	0.5
630	đỏ	94	6	16.7	1.2

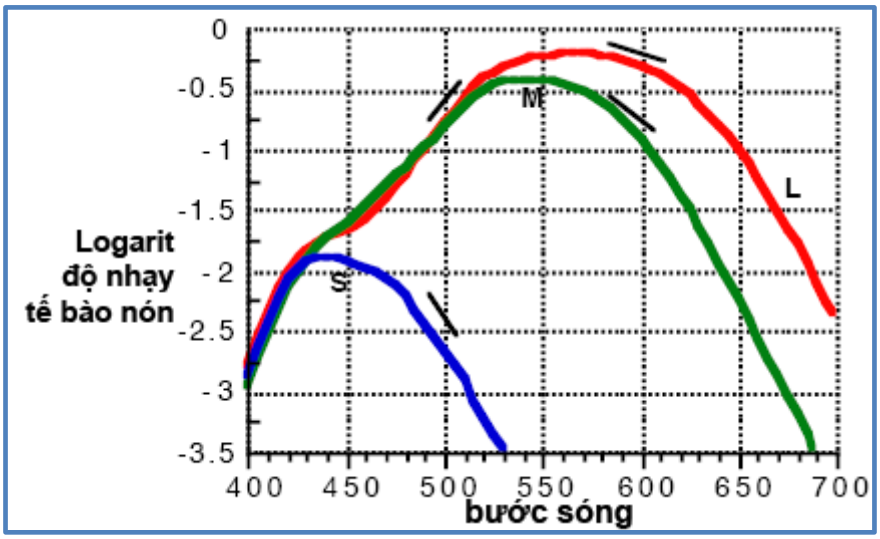
SẮC GIÁC BÌNH THƯỜNG (TIẾP THEO)

ĐỘ PHÂN BIỆT BƯỚC SÓNG

Người ta có thể phân biệt 2 bước sóng chênh lệch nhỏ đến mức độ nào? Điều này thay đổi phụ thuộc vào bước sóng, như được thấy ở Schwartz, 2004 Hình 5-12. Kích thích dùng để đo độ phân biệt bước sóng được thấy ở Hình 5-12 (trên).

Một bước sóng cố định để đo được so sánh với một bước sóng khác chỉ khác một chút. Đo độ chênh lệch tối thiểu ở các bước sóng mà bệnh nhân có thể phân biệt được.

Độ phân biệt bước sóng theo bước sóng được biểu diễn bằng một đường cong hình chữ W, cho thấy phân biệt tốt nhất ở 495 và 590 nm. Độ phân biệt bước sóng tối đa được thấy ở các bước sóng nơi các độ dốc của các hàm hấp thụ phổ của quang sắc tố có thay đổi lớn nhất so với nhau (Hình 22-6).

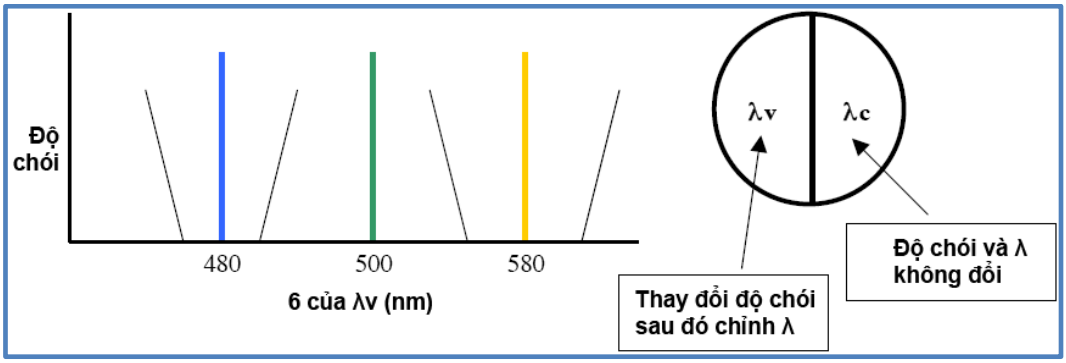


Hình 22-6: *Hàm độ nhạy của các tế bào nón S, M & L*

HIỆN TƯỢNG BEZOLD-BRÜCKE

Sắc màu của hầu hết các bước sóng thay đổi nhẹ với các mức độ chói khác nhau. Xem (Schwartz, 2004 Hình 5-13). Kích thích 2 phần ở Hình 22-7 được dùng để đo hiệu ứng này, gọi là **hiện tượng Bezold-Brücke**. λv là một bước sóng thử có thể thay đổi, λc là một ánh sáng có bước sóng và độ chói không đổi. Ban đầu λv và λc có bước sóng và độ chói bằng nhau. Sau đó, độ chói của λv được tăng dần, và đối với hầu hết các bước sóng, sắc màu của nó dần thay đổi. Bệnh nhân phải điều chỉnh bước sóng λv để cho nó vẫn duy trì sắc màu như λc, tức là cố gắng giữ cho nó ở một sắc màu không thay đổi (sắc màu của λc).

Thí dụ, λv = 550 nm (màu lục), khi tăng cường độ sáng thì trông nó bắt đầu vàng hơn, giống như 580 nm. Để bù trừ, bệnh nhân sẽ chỉnh về bước sóng ngắn hơn. Do đó biểu đồ cho thấy đường thẳng bắt đầu ở 550 nm nghiêng sang trái (Hình 22-7).



Hình 22-7: *3 bước sóng không thay đổi là ~ 480, ~ 500 và ~ 580.*
Các đường nghiêng là các đường đồng sắc màu cho biết các bước sóng duy trì sắc màu không đổi khi tăng độ chói

SẮC GIÁC BÌNH THƯỜNG (TIẾP THEO)

Các đường ở biểu đồ biểu diễn các bước sóng dường như có sắc màu không thay đổi khi tăng cường độ sáng. Chúng được gọi là **các đường đồng sắc màu**. Ở 3 bước sóng (478, 503, 578 nm), không có thay đổi sắc màu nhận thấy được khi tăng cường độ sáng. Các bước sóng này được gọi là **bước sóng không đổi, điểm không đổi hoặc sắc màu duy nhất**.

Để tóm tắt hiện tượng Bezold-Brücke, cần nhớ rằng khi tăng cường độ sáng, các bước sóng dưới khoảng 500 nm có vẻ dịch chuyển nhiều hơn về phía màu lam (khoảng 480), và trên khoảng 500 nm, các sắc màu có vẻ dịch chuyển nhiều hơn về phía màu vàng (khoảng 580).

Thí dụ, 490 nm (lam-lục) trở thành xanh hơn (gần 480 nm hơn), và để bừ trừ thì λv được chuyển sang các bước sóng dài hơn, khiến cho đường đồng sắc màu nghiêng sang phải.

Một kích thích có bước sóng 450 nm (màu tím) trở thành xanh hơn (gần 480 nm hơn), do đó λv phải được chuyển sang các bước sóng ngắn hơn để bù trừ, do đó đường đồng sắc màu nghiêng sang trái.

Một kích thích có bước sóng 525 nm (lục-lam) trở thành vàng hơn (gần 580 nm hơn) và λv phải được điều chỉnh sang các bước sóng ngắn hơn để bù trừ (đường đồng sắc màu nghiêng sang trái).

Một kích thích có bước sóng 590 nm (màu vàng-cam) trở thành vàng hơn (gần 580 nm hơn) và λv phải được điều chỉnh sang các bước sóng dài hơn để bù trừ (đường đồng sắc màu nghiêng sang phải).

Hiện tượng Abney mô tả sự thay đổi nhẹ sắc màu kèm theo thay đổi độ bão hòa của một số bước sóng. Các ánh sáng bước sóng gần 488 nm (lam-lục) trở thành khác nhiều hơn so với sắc màu 488 nm khi tăng độ bão hòa. Các ánh sáng bước sóng gần 577 nm (vàng) trở thành giống hơn với sắc màu 577 nm khi tăng độ bão hòa.

TÍNH KHÔNG ĐỔI MÀU (COLOUR CONSTANCY)

Khi các ánh sáng có màu hơi khác nhau chiếu vào một vật, có sự thay đổi thành phần phổ của ánh sáng phản xạ. Mặc dù vậy, vật thường vẫn có màu không đổi. Hiện tượng này được gọi là **tính không đổi màu**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

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