

ตาบอดสี

สุดารัตน์ ใหญ่สว่าง*

Yaisawang S. Color vision deficiency. Chula Med J 2007 May - Jun; 51(5): 243 - 53

Seeing color is a function of the cone cells which is stimulated by responsive wavelengths within the visible spectrum. Human color vision is trichromacy, which results from three types of cone cells: red cone, green cone and blue cone. Color vision deficiency is caused by malfunction or absence of one or more types of photopigment in the cone cell. This results in reduction of color identification and color discrimination ability. It is usually a hereditary condition, although it may also be acquired from a disease. The most common form is an inherited X-linked red-green defect. Color vision deficiencies can be classified into 3 types: anomalous trichromats, dichromats and monochromats (achromatopsia). Tests of color vision in clinical practices include Ishihara test, H-R-R test, Farnsworth panel D-15 test, Farnsworth-Munsell 100 hue test, Lanthony desaturated D-15 test, and anomaloscope. No single test is ideal, and for color vision evaluation, a series of tests is recommended.

Keywords : Color vision, Color vision defect, Color blindness, Trichromacy.

Reprint request: Department of Ophthalmology, Faculty of Medicine, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand.

Received for publication. December 26,2006.

สุตารัตน์ ใหญ่สว่าง. ตาบอดสี. จุฬาลงกรณ์เวชสาร 2550 พ.ศ. - มิ.ย; 51(5): 243 - 53

การมองเห็นสีต่าง ๆ นั้น เกิดจากการทำงานของโคนเซลล์ ซึ่งได้รับการกระตุ้นโดยคลื่นแสงในขอบเขตที่ตาคนเรามองเห็นได้ คนเรามองเห็นสีหลัก 3 สีตามชนิดของโคนเซลล์ที่จอประสาทตา ซึ่งมีอยู่ 3 ชนิด คือสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ตาบอดสีเกิดจากการขาดหรือการทำงานที่ผิดปกติของ photopigment ในโคนเซลล์ มีผลทำให้ความสามารถในการแยกสีต่าง ๆ ออกจากกันลดลง และเห็นสีผิดไปจากคนปกติ ตาบอดสีพบได้ทั้งที่เป็นมาแต่กำเนิด และเป็นภายหลังจากโรคทางตา แบบที่พบได้บ่อยที่สุดคือตาบอดสีแดง-เขียวที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรม X-linked

ตาบอดสีแบ่งได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่ anomalous trichromats, dichromats, and monochromats (achromatopsia) วิธีการตรวจตาบอดสีมีหลายชนิดที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เช่น Ishihara test, H-R-R test, Farnsworth panel D-15 test, Farnsworth-Munsell 100 hue test, Lanthony desaturated D-15 test, anomaloscope ซึ่งมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกัน ดังนั้นถ้าต้องการให้ได้ผลที่แน่นอน แนะนำให้ใช้การตรวจหลาย ๆ วิธีร่วมกัน

คำสำคัญ : การมองเห็นสี, ตาบอดสี, Trichromacy.

The Spectrum of Light

ในปี ค.ศ. 1672 เซอร์ไอแซค นิวตันได้ทำการทดลองโดยให้แสงสีขาวจากดวงอาทิตย์ส่องผ่านปริซึมพบว่าแสงสีขาวจะแยกออกเป็นสีต่าง ๆ 7 สี เหมือนกับสีรุ้ง การค้นพบนี้เป็นความรู้พื้นฐานที่แสดงว่าแสงสีขาวเกิดจากส่วนผสมของแสงที่มีความยาวคลื่น (wavelength) ต่าง ๆ มารวมกัน นอกจากนี้นิวตันยังได้ข้อสรุปว่าสีที่คนเรามองเห็นเป็นสีต่าง ๆ นั้นเกิดจากคุณสมบัติของคนเรา มิใช่เกิดจาก คุณสมบัติของแสง⁽¹⁾

Electromagnetic spectrum ของแสงมีขอบเขตกว้างมาก แต่มีเพียงส่วนแคบๆที่คนเราสามารถมองเห็นได้ เรียกว่า "Visible spectrum of light" ซึ่งอยู่ในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 400-700 นาโนเมตร (สีม่วง-สีแดง) (รูปที่ 1) พลังงานในช่วงความยาวคลื่นที่ต่ำหรือสูงกว่านี้จะไม่ถูกดูดซึมโดยจอประสาทตา (retina)

การมองเห็นสี

วัตถุต่าง ๆ มีคุณสมบัติในการสะท้อนแสงที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกันออกไป ทำให้เราเห็นวัตถุมีสีแตกต่างกัน ถ้าวัตถุสะท้อนคลื่นแสงทั้งหมดออกไป เราจะเห็นวัตถุเป็นสีขาว ถ้าวัตถุดูดซึมคลื่นแสงทั้งหมดไว้โดยไม่มีการสะท้อนออกมาเลย เราจะเห็นวัตถุเป็นสีดำ ตัวอย่างเช่นการที่เราเห็นผลแอปเปิลเป็นสีแดง เนื่องจากผลแอปเปิลสะท้อนคลื่นแสงสีแดงออกมา และดูดซึมคลื่นแสงอื่น ๆ ไว้

จอประสาทตามีเซลล์รับภาพ (photoreceptor) 2 ชนิด ได้แก่ rod และ cone cell⁽²⁻⁵⁾

1. Rod cell มี 120 ล้านตัวในตาแต่ละข้าง ทำหน้าที่เกี่ยวกับการมองเห็นภาพในเวลากลางคืนและ peripheral vision

2. Cone cell มี 6-7 ล้านตัว ทำหน้าที่เกี่ยวกับการมองเห็นในเวลากลางวัน, central vision, และ color vision แบ่งออกเป็น 3 ชนิดตาม photopigment ภายในเซลล์ ซึ่งทำให้มีคุณสมบัติในการเห็นสีต่างกัน ดังนี้

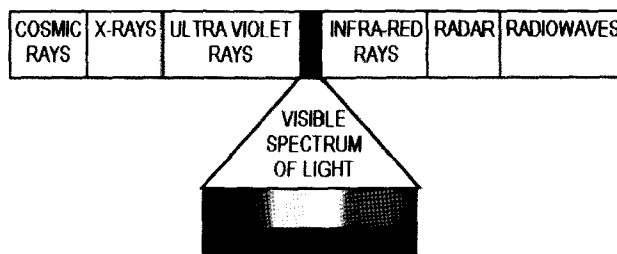
2.1 Long wavelength-sensitive cone (L cone, red cone) มีความไวต่อคลื่นแสงในช่วง 570-590 นาโนเมตร

2.2 Middle wavelength-sensitive cone (M cone, green cone) มีความไวต่อคลื่นแสงในช่วง 535-555 นาโนเมตร

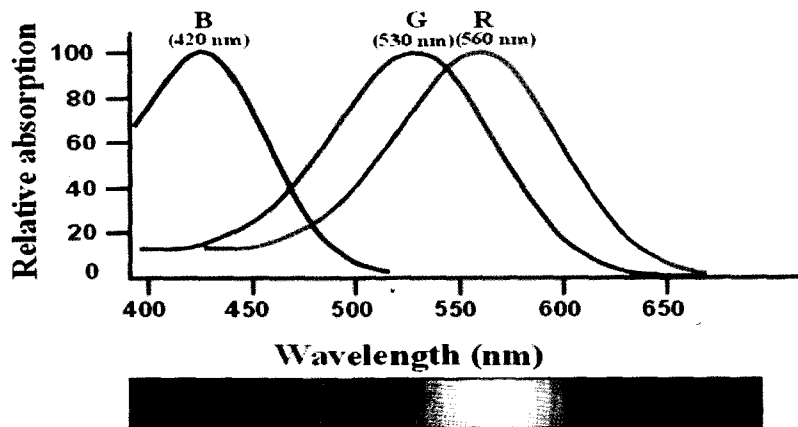
2.3 Short wavelength-sensitive cone (S cone, blue cone) มีความไวต่อคลื่นแสงในช่วง 440-450 นาโนเมตร

Trichromatic Theory (Young-Helmholtz Theory)

จากการที่จอประสาทตามี cone cell 3 ชนิด ดังนั้นคนเราจึงมองเห็นสีหลักเพียง 3 สี เรียกว่า Trichromacy⁽¹⁾ ความยาวคลื่นของทั้ง 3 สี จะทับซ้อนกันบางส่วน (รูปที่ 2) สำหรับสีอื่น ๆ เกิดจากการผสมของ 3 สีหลักนี้



รูปที่ 1. The spectrum of light



รูปที่ 2. แสดงคลื่นแสงสีแดง เขียว และน้ำเงิน ที่ถูกดูดซึมโดย cone cell ทั้ง 3 ชนิด แถบด้านล่างแสดงถึงสีต่างๆ ที่คนปกติมองเห็น

ระบบสี (Color System) ^(1,6)

ในการกล่าวถึงสีต่างๆ ซึ่งมีอยู่มากมายให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน และเกิดความแน่นอนว่ากำลังกล่าวถึงสีเดียวกันอยู่ จึงต้องมีการจัดระบบสี โดยอาศัย parameters หลายอย่างที่เกี่ยวข้องกับสี ระบบสีมีประโยชน์ทางด้านงานที่ต้องทำเกี่ยวข้องกับสี เช่น งานพิมพ์ งานออกแบบ งานศิลป์ และในอุตสาหกรรมบางอย่าง สำหรับการแพทย์เป็นการนำมาใช้ในการออกแบบทดสอบเพื่อใช้ในการตรวจตาบอดสี

ระบบสีที่นิยมใช้ ได้แก่

1. Munsell color system เป็นระบบที่ง่ายและนิยมใช้กันมากในการ identify สี สามารถแบ่งแยกสีได้อย่างชัดเจนและไม่คลาดเคลื่อน การจัดแบ่งสีทำโดยใช้ลักษณะหลัก ๆ ของสี 3 อย่าง คือ

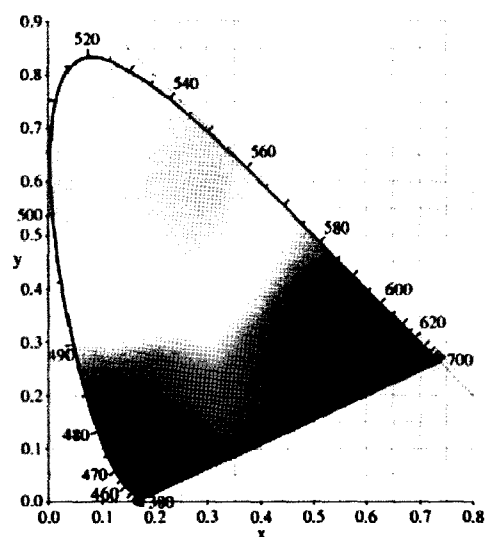
1.1 Hue มีความหมายเดียวกับ color (dominant spectral color)

1.2 Value (brightness, lightness) หมายถึง ความสว่างของสี เกิดจากปริมาณของแสงที่สะท้อนออกจากวัตถุ คำที่ใช้บ่งบอกถึง value เช่น dim/bright, dark/light

1.3 Chroma (saturation, colorfulness) หมายถึงสีอ่อน/แก่ เกิดจากการที่สีนั้น ๆ มีส่วนผสมของ

สีขาวอยู่มากน้อยเพียงใด (pure color to pastel)

2. CIE chromaticity diagram (รูปที่ 3) เป็นระบบสีที่พัฒนาโดย The International Commission on Illumination (CIE; Commission Internationale de l'Eclairage) นิยมใช้กันมากในวงการอุตสาหกรรมสิ่งทอ, การผลิตสี (paint), อุตสาหกรรมอาหาร, ผลิตภัณฑ์ต่างๆ, และนำมาใช้ใน color vision testing รวมทั้งการทดลองเกี่ยวกับ color vision



รูปที่ 3. CIE chromaticity diagram

CIE chromaticity diagram สร้างโดยใช้หลักการที่ว่าจอประสาทตามี cone cell รับสีได้ 3 ชนิด ตามความยาวคลื่นของสี ได้แก่สีแดง, เขียว และน้ำเงิน จึงนำมาใช้เป็น parameter ในการกำหนดสีทั้งหมด ขอบเส้นโค้งรอบโดอะแกรม plot โดยใช้ความยาวคลื่นของสีใน visible spectrum คือประมาณ 400-700 นาโนเมตร จุดกลางโดอะแกรมเป็นตำแหน่งของสีขาว เมื่อ plot ครบถ้วนโดยร่วมกับการใช้ลักษณะของสี 2 ลักษณะ คือ brightness และ chromaticity ด้วย จะได้เป็นโดอะแกรมสามมิติ

Confusion Lines

Confusion lines เป็นเส้นที่ plot ใน chromaticity diagram (6) ผู้ที่มีตาบอดสีจะไม่สามารถแยกแยะสีที่อยู่บนเส้นนี้ได้ ทั้ง ๆ ที่เป็นสีต่างกัน แต่คนปกติจะสามารถแยกแยะได้ หลักการดังกล่าวนี้ได้นำมาใช้เป็นพื้นฐานใน color vision test หลายชนิด เช่น Ishihara test, Farnsworth panel D-15 test (รูปที่ 4)

ตาบอดสี (Color Vision Deficiency, Color Vision Defect, Color Blindness)

ตาบอดสีเกิดจากการขาดหรือการทำงานที่ผิดปกติของ photopigment ใน cone cell มีผลทำให้ความ

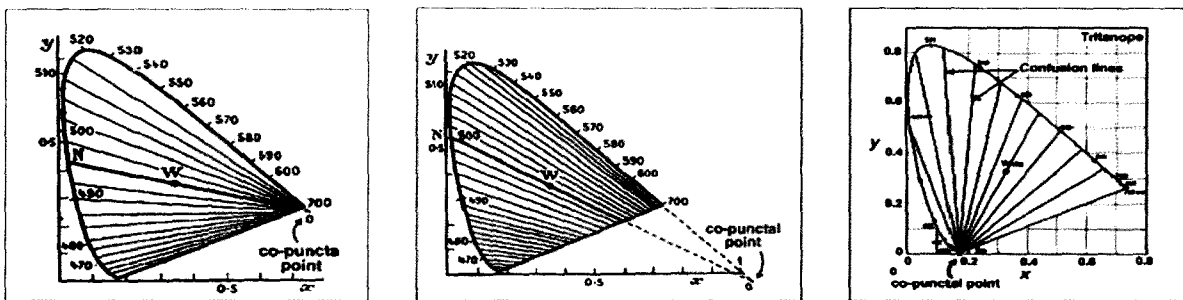
สามารถในการแยกสีต่าง ๆ ออกจากกันลดลง และเห็นสีผิดไปจากคนปกติ ผู้ที่เป็นเป็นตาบอดสีจะยังคงเห็นสีได้บ้าง ไม่ถึงกับเห็นเป็นภาพขาว-ดำ ตามที่เข้าใจกัน ยกเว้นบางชนิดที่รุนแรงมาก การใช้ชื่อเรียกว่า color blindness จึงไม่ถูกต้องนัก การศึกษาในเรื่องนี้เริ่มอย่างจริงจังในปี ค.ศ.1794 โดย John Dalton ซึ่งเป็นตาบอดสี (7)

ส่วนใหญ่ของโรคนี้เป็นมาตั้งแต่กำเนิดและถ่ายทอดทางพันธุกรรม (8) โดยพบเป็นชนิด X-linked recessive red-green defect เกือบทั้งหมด เป็นกับตาทั้งสองข้าง มีอาการคงที่ไปตลอดชีวิต และยังคงมี visual acuity ปกติ พบได้ประมาณ 7-8 % ในผู้ชาย และ 0.5 % ในผู้หญิง (9,10) แม้ว่าผู้หญิงจะเป็นตาบอดสีจำนวนน้อย แต่จะเป็น carrier นำยีนที่ผิดปกติถ่ายทอดไปยังบุตรชาย ตาบอดสียังพบชนิดที่เกิดเป็นภายหลังได้ (acquired) โดยเกิดจากโรคทางตา, จากผลข้างเคียงของยาบางชนิด แต่พบน้อย และมักเป็นตาบอดสีชนิด blue-yellow

ชนิดของตาบอดสี

ตาบอดสีแบ่งเป็นชนิดต่าง ๆ ได้ดังนี้ (3,4)

1. Anomalous trichromats
2. Dichromats
3. Monochromats (Achromatopsia)



A. Protanopes

B. Deuteranopes

C. Tritanopes

รูปที่ 4. แสดง confusion lines (ในรูป A และ B คือเส้นที่ลากจาก N-W ไปยัง co-punctal point) ในผู้ที่เป็นตาบอดสีชนิดต่าง ๆ (A) Protanopes, (B) Deuteranopes, (C) Tritanopes.

ตารางที่ 1. Classification and incidence of color vision defects.

Color vision defects	Inheritance	Incidence in male population (%)
I. Hereditary		
1. Trichromats		
1.1 Protanomaly	XR	5.0
1.2 Deuteranomaly	XR	1.0
1.3 Tritanomaly	AD	0.0001
2. Dichromats		
2.1 Protanopia	XR	1.0
2.2 Deuteranopia	XR	1.0
2.3 Tritanopia	AD	0.001
3. Monochromats (Achromats)		
3.1 Rod monochromats	AR	0.0001
3.2 Cone monochromats	XR	Unknown
II. Acquired		
1. Tritan (blue-yellow)		
2. Protan-deutan (red-green)		

1. Anomalous trichromats

Cone cell มี photopigment ครบทั้ง 3 สี แต่มีสีใดสีหนึ่งผิดปกติ พร้อมกับมีการ shift ของ sensitivity ไปทับซ้อนกับอีกสีหนึ่งที่อยู่ใกล้เคียง ทำให้ความสามารถในการแยกสีลดลง เป็นชนิดที่พบได้บ่อย อาการไม่รุนแรง แบ่งเป็น

1.1 Protanomaly (abnormal red sensitivity) เป็น red-green defect ที่มีอาการน้อยที่สุด เกิดจากความผิดปกติของ L cone (red cone) และมี sensitivity shift ไปอยู่ใกล้กับ M cone (green cone) มากขึ้นกว่าเดิม ทำให้มองเห็นสีแดงเปลี่ยนไป สีจะไม่สด และยังทำให้สีที่อยู่ใกล้เคียงกันเช่น สีส้ม เหลือง เขียวเหลือง เขียว จางลงกว่าปกติ ผู้ป่วยจะแยกสีในกลุ่มนี้ออกจากกันได้ยาก นอกจากนี้สีม่วงซึ่งประกอบด้วยสีแดงผสมกับสีน้ำเงิน ผู้ป่วยจะเห็นเป็นสีน้ำเงิน

1.2 Deuteranomaly (abnormal green sensitivity) เป็นชนิดที่พบได้บ่อย เกิดจากความผิดปกติของ M cone

(green cone) และมี sensitivity shift ไปอยู่ใกล้กับ L cone (red cone) มากขึ้นกว่าเดิม จึงทำให้มีอาการเช่นเดียวกับใน protanomaly

1.3 Tritanomaly (abnormal blue sensitivity) พบได้น้อยมาก ประมาณ 0.0001 % ของประชากร ถ่ายทอดทางพันธุกรรมแบบ autosomal dominant

2 Dichromats

Cone cell ขาด photopigment 1 สี เหลือเพียง 2 สี แบ่งเป็น

2.1 Protanopia (lack red) ทำให้การเห็นสีแดงลดความสว่างลง ถ้าเป็นมากอาจเห็นสีแดงเป็นสีดำหรือเทา ทำให้เห็นไฟสัญญาณจราจรสีแดง เป็นสีมืด ๆ ได้ ส่วนสีอื่น ๆ ในกลุ่มใกล้เคียงกัน ได้แก่ สีส้ม เหลือง เขียว จะเห็นคล้ายกัน แยกออกจากกันยาก แยกสีม่วงจากสีน้ำเงินไม่ได้ เพราะขาดส่วนผสมที่เป็นสีแดง และเห็นสีน้ำเงินได้ดี

2.2 Deuteranopia (lack green) การเห็นสีเขียวลดลง

เห็นเป็นสีเขียวมืด ๆ แยกสีเขียวออกจากสีเหลือง ส้ม แดง ไม่ได้เช่นเดียวกับใน protanopia

2.3 Tritanopia (lack blue) พบได้น้อย ประมาณ 0.001 % ถ่ายทอดทางพันธุกรรมแบบ autosomal dominant เช่นเดียวกับ tritanomaly

3. Monochromats (Achromatopsia) แบ่งเป็น

3.1 Rod monochromats จอประสาทตามีแต่ rod cell ไม่มี cone cell ทำให้ไม่สามารถเห็นสีได้เลย เห็นแต่สีดำ ขาว และเทา จัดเป็น true color blindness ผู้ที่เป็นโรคนี้อาจมี visual acuity ไม่ดีมาตั้งแต่เกิด มี congenital nystagmus และ photophobia ร่วมด้วย ถ่ายทอดทางพันธุกรรมแบบ autosomal recessive

3.2 Cone monochromats จอประสาทตามีแต่ S cone (blue cone) ซึ่งมีเป็นจำนวนน้อย และไม่ได้ อยู่บริเวณ fovea ทำให้เกิดอาการเช่นเดียวกับ rod monochromats เช่น visual acuity ไม่ดี, congenital nystagmus และ photophobia ดังนั้นจึงไม่สามารถวินิจฉัยแยกโรคจาก rod monochromats ได้โดยดูจากลักษณะทางคลินิกเพียงอย่างเดียว โรคนี้อาจถ่ายทอดทางพันธุกรรมแบบ X-linked recessive จึงพบบ่อยในผู้ชาย

เนื่องจากตาบอดสีชนิด protanomaly, protanopia, deuteranomaly, และ deuteranopia มีลักษณะทางคลินิกเหมือนกันจึงมักเรียกรวมกันว่า red-green deficiency

การตรวจตาบอดสี (Color Vision Testing)

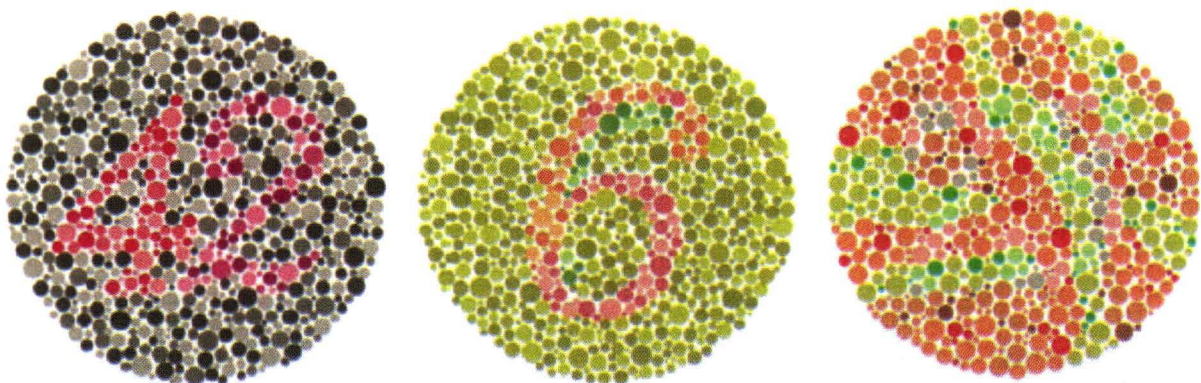
การตรวจตาบอดสี มีวิธีการทดสอบหลายแบบ^(11,12)

เช่น

1. Pseudoisochromatic plates (PIP)
 - 1.1 Ishihara test
 - 1.2 H-R-R (Hardy, Rand, Rittler) test
2. Hue discrimination test (Arrangement test)
 - 2.1 Farnsworth panel D-15 test
 - 2.2 Farnsworth-Munsell 100 hue test
 - 2.3 Lanthony desaturated D-15 test
3. Anomaloscope

Ishihara Test

ออกแบบการตรวจโดย Dr. Shinobu Ishihara พิมพ์ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1917 ในแต่ละแผ่นภาพที่ใช้ตรวจประกอบด้วยจุดที่มีสีต่างกันเล็กน้อย เรียงให้เป็นตัวเลข ซ่อนอยู่ในพื้น background (รูปที่ 5) ผู้ที่มีตาบอดสีจะอ่านตัวเลขเหล่านี้ผิด หรือไม่เห็นเป็นตัวเลข เนื่องจากสีของจุดเหล่านี้เป็นสีใน confusion line แผ่นภาพที่ใช้ตรวจจะพิมพ์รวมไว้เป็นเล่ม ประกอบด้วย 38 แผ่น แต่ผู้ตรวจมักจะพอทราบได้ว่าผู้รับการตรวจเป็นตาบอดสีหรือไม่ เพียงอ่านแค่ 4 แผ่นแรก



รูปที่ 5. แผ่นภาพที่ใช้ในการตรวจ Ishihara test

Ishihara test นิยมใช้เป็น screening test สำหรับตรวจ congenital color vision defect ซึ่งเป็น red-green defect^(13,14) ไม่สามารถแยกแยะว่าเป็น protans หรือ deutans, ไม่สามารถแยกตาบอดสีชนิด congenital ออกจากชนิด acquired ได้ เนื่องจากไม่เหมาะที่จะใช้ในการตรวจพวก tritanopes และไม่สามารถใช้แบ่งขนาดความรุนแรงของตาบอดสีว่าเป็นมากหรือน้อยได้ ดังนั้น Ishihara test จึงใช้ได้เฉพาะการตรวจคัดกรองว่าผู้เป็น red-green color deficiency หรือไม่

การตรวจควรใช้แสงสว่างในเวลากลางวัน วางแผ่นทดสอบห่างจากตา 30 นิ้ว ใส่ว่านสายตาที่เหมาะสม ผู้ที่ไม่เป็นตาบอดสีมักอ่านตัวเลขได้อย่างรวดเร็วภายใน 4 วินาที/แผ่น ถ้าอ่านได้ช้าและลังเลแสดงว่าอาจเป็นตาบอดสี

H-R-R Test

เป็นการตรวจที่ใช้หลักการของ pseudoisochromatic plate เช่นเดียวกับ Ishihara test แต่ได้ออกแบบให้สามารถแยกชนิดของตาบอดสีได้ว่าเป็นชนิดใด แบ่งระดับความรุนแรงได้⁽¹⁵⁾ ใช้ตรวจใน acquired color vision defect ได้ ภาพที่ใช้ในการตรวจเป็นรูปทรงต่าง ๆ เช่นวงกลม สามเหลี่ยม กากบาท แทนการใช้ตัวเลขจึงใช้ตรวจในเด็กเล็กได้ (รูปที่ 6)

Farnsworth Panel D-15 Test⁽¹⁶⁾

ประกอบด้วย cap สีต่าง ๆ ที่ใกล้เคียงกันจำนวน

15 caps คนปกติจะสามารถเรียง cap โดยไล่สีให้สีที่ใกล้เคียงกันที่สุดอยู่ติดกันตามลำดับ ผู้ที่มีตาบอดสีจะไม่สามารถเรียงลำดับสีเหล่านี้ได้ถูกต้อง การตรวจนี้สามารถแยกได้ว่าผู้เป็นตาบอดสีชนิดใด รวมทั้งชนิด tritan ซึ่งมักพบในรายที่เป็น acquired type ที่เกิดจากโรคทางตาและจาก drug toxicity ข้อเสียของการทดสอบนี้คือ ถ้าเป็นไม่มากจะไม่สามารถตรวจพบความผิดปกติได้ เนื่องจากสามารถเดาได้ และใช้ตรวจในเด็กไม่ได้ เนื่องจากยากเกินไปสำหรับเด็ก

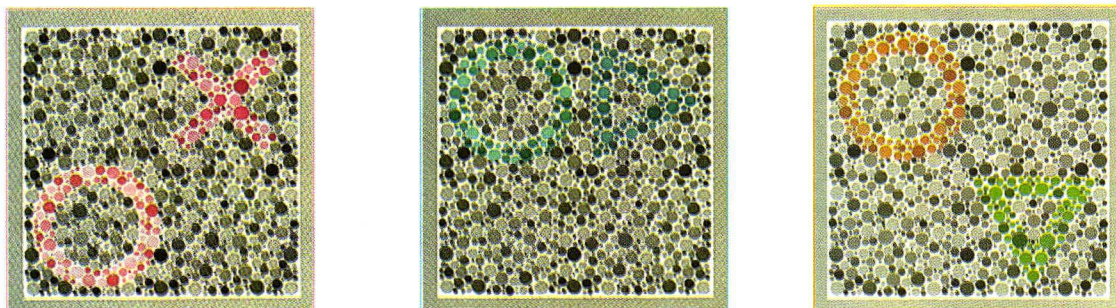
ดังนั้นถ้าตรวจโดย Ishihara test พบว่าเป็นตาบอดสี แต่ตรวจโดย Farnsworth panel D-15 test พบว่าปกติ แสดงว่าผู้เป็น mild color deficiency

Farnsworth-Munsell 100 Hue Test

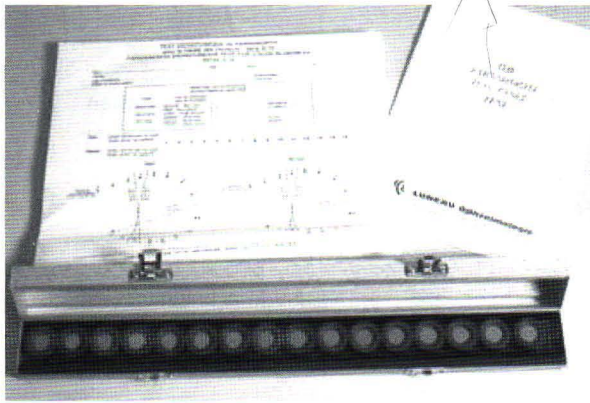
เป็นการตรวจแบบเดียวกับ Farnsworth panel D-15 test แต่ละเอียดกว่า ประกอบด้วย cap สีต่าง ๆ จำนวน 85 caps ใช้เวลาในการตรวจนาน ไม่เหมาะกับการตรวจเพื่อคัดกรอง⁽¹⁷⁾ แต่มีประโยชน์ ในการวินิจฉัยแยกชนิดของตาบอดสีได้ดี ตั้งแต่ mild red-green color deficiency จนถึง achromatopsia

Lanthony Desaturated D-15 Test

เป็นการตรวจแบบเดียวกับ Farnsworth panel D-15 test ประกอบด้วย 15 caps เช่นเดียวกัน แต่สีจางกว่า ทำให้เป็นการตรวจที่ยาก ใช้ตรวจในกรณี mild acquired color deficiency



รูปที่ 6. แผ่นภาพที่ใช้ใน H-R-R test



รูปที่ 7. Farnsworth panel D-15 test

Nagel Anomaloscope

การตรวจด้วย anomaloscope จัดเป็น gold standard ของการตรวจตาบอดสี ตรวจได้ละเอียดแม่นยำ มีความไวสูง เป็นการตรวจที่อาศัยหลักการของ color matching ใช้แยกระหว่าง red-green dichromats กับ anomalous trichromats ได้ และใช้แยก protans กับ deuters ได้ การตรวจต้องให้ผู้เชี่ยวชาญในการแปลผล และเครื่องมือมีราคาสูงเมื่อเทียบกับการตรวจอื่น ๆ จึงไม่ใช้ในการตรวจคัดกรอง⁽¹⁸⁾

การตรวจทำโดยให้ผู้รับการตรวจมองเข้าไปใน กล้อง anomaloscope ซึ่งภาพในกล้องที่เห็น จะมีลักษณะ เป็นวงกลมสีเหลือง มีเส้นแบ่งครึ่งวงกลม ครึ่งบนเป็น mixture field ซึ่งสีเหลืองที่เห็นนั้น เกิดจากการผสมของ สีเขียวและสีแดง ครึ่งล่างเป็น test field สีเหลือง ให้ผู้ที่ รับการตรวจปรับ red-green ratio ใน mixture field จน

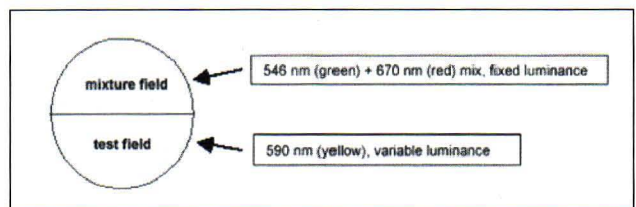
กระทั่งได้สีเหลืองที่เหมือนกับใน test field และใน test field สามารถปรับความสว่างของสีให้เข้ากับ mixture field ได้ ในผู้ที่ เป็นตาบอดสีจะมี red-green ratio ผิดไปจาก คนปกติ นอกจากนี้ red-green ratio ในตาบอดสีชนิด ต่าง ๆ จะแตกต่างกัน จึงทำให้เราสามารถแยกชนิดของ ตาบอดสีได้

Test Batteries

การตรวจตาบอดสีทำได้หลายวิธี แต่ละวิธีมี ประโยชน์แตกต่างกัน (ตารางที่ 2) การตรวจคัดกรอง นิยมใช้ Ishihara test ถ้าตรวจโดย Ishihara test แล้ว พบว่าเป็นตาบอดสี ให้ทำการตรวจซ้ำโดยใช้การตรวจ ชนิดอื่นร่วมด้วยเช่น H-R-R Test, Farnsworth panel D-15 test เพื่อยืนยันผลการตรวจ, แยกชนิด, และบอกถึง ความรุนแรงของตาบอดสี^(11,12,19)

ปัญหาที่เกิดจากตาบอดสี^(9,20-25)

ประมาณ 40 % ของผู้ที่เป็นตาบอดสีไม่ทราบว่า ตนเองมีความผิดปกตินี้ เนื่องจากสามารถดำเนินชีวิตได้ ตามปกติ และพอที่จะแยกแยะสีต่าง ๆ ได้บ้าง กว่า จะทราบว่า เป็นตาบอดสี มักจะอยู่ในช่วงหลังจากจบชั้น มัธยม หรือก่อนเข้าทำงาน ผู้ที่เป็นตาบอดสีสามารถ ทำงานส่วนใหญ่ได้เช่นเดียวกับคนปกติ ขับรถได้โดยไม่ ทำให้เกิดอุบัติเหตุมากกว่าคนปกติ แยกสีสัญญาณไฟจราจรได้โดยอาศัยการสังเกตอย่างอื่นร่วมด้วย



รูปที่ 8. เครื่อง anomaloscope และภาพที่ผู้รับการตรวจเห็นในกล้อง มีลักษณะเป็นวงกลมสีเหลือง มีเส้นแบ่งครึ่งวงกลม ครึ่งบนเรียก mixture field ครึ่งล่างเรียก test field

ตารางที่ 2. เปรียบเทียบคุณสมบัติของการตรวจตาบอดสีชนิดต่าง ๆ

Color Vision Test	Sensitivity /Quantification	Ease of Administration
Ishihara test	Extremely sensitive / Nil	Difficult for children
H-R-R test	Miss very mild R-G / Good classification	Excellent for all ages
Farnsworth panel D-15 test	Only detect moderate to severe anomalous trichromats and dichromats / Good classification	Easy to administer
Farnsworth-Munsell 100 hue test	Extremely sensitive / Classify by error scoring	Tedious to administer
Nagel anomaloscope	Very by anomaly (R-G) quotient	Good

อาชีพบางอย่างจำเป็นต้องแยกแยะสีได้อย่างถูกต้อง การคัดเลือกบุคคลเข้าทำงานจึงควรทำการตรวจตาบอดสีก่อน เช่นนักบิน ผู้ควบคุมการจราจรทางอากาศ เภสัชกร นักวิทยาศาสตร์ (เทคนิคการแพทย์) และผู้ทำงานเกี่ยวข้องกับสี

ในการสอบคัดเลือกนักศึกษาสาขาแพทยศาสตร์ ได้มีการกำหนดคุณสมบัติไว้ว่าจะต้องไม่มีปัญหาเกี่ยวกับตาบอดสีที่คณะกรรมการเห็นว่าเป็นอุปสรรคต่อการศึกษา และการประกอบวิชาชีพเวชกรรม ซึ่งในทางปฏิบัติถ้าตรวจพบว่าเป็นชนิดที่ไม่รุนแรง มักจะพิจารณาให้เข้าศึกษาได้ พร้อมทั้งให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเลือกเรียนต่อในสาขาเฉพาะทาง ควรเลือกสาขาที่การปฏิบัติงานไม่เกี่ยวข้องกับการแยกแยะสี

อ้างอิง

- Adams AJ, Verden AW, Spivey BE. Color vision. In: Tasman W, Jaeger EA, eds. Duane's Clinical Ophthalmology. 2004 ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2004: 1-4
- Birch J. Diagnosis of Defective Color Vision. 2nded. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2001
- Sakmar TP. Color vision. In: Kaufman PL, Alm A, eds. Adler's Physiology of the Eye. 10th ed. St.Louis: Mosby, 2002: 578-85
- American Academy of Ophthalmology. Basic and Clinical Science Course: Retina and Vitreous. San Francisco: American Academy of Ophthalmology, 2003
- Sharpe LT, Stockman A, Jagle H, Nathans J. Opsin genes, cone photopigments, color vision, and color blindness. In: Gegenfurtner KR, Sharpe LT, eds. Color Vision, from Genes to Perception. Cambridge: Cambridge University Press, 1999: 3-51
- Albert DM, Jakobiec FA. Principles and Practice of Ophthalmology. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders, 2000: 339-49
- Hunt DM, Dulai KS, Bowmaker JK, Mollon JD. The chemistry of John Dalton's color blindness. Science 1995 Feb 17;267(5200): 984-8
- Deeb SS. Molecular genetics of colour vision deficiencies. Clin Exp Optom 2004 Jul;87 (4-5):224-9

9. New Zealand Health Technology Assessment. Color Vision Screening: A Critical Appraisal of the Literature. Christchurch: NZHTA Report 7, 1998: 1-59
10. Swanson WH, Cohen JM. Color vision. *Ophthalmol Clin North Am* 2003 Jun;16(2):179-203
11. Melamud A, Hagstrom S, Traboulsi E. Color vision testing. *Ophthalmic Genet* 2004 Sep; 25(3):159-87
12. Birch J. A practical guide for colour-vision examination: report of the Standardization Committee of the International Research Group on Colour-Vision Deficiencies. *Ophthalmic Physiol Opt* 1985;5(3):265-85
13. Birch J, McKeever LM. Survey of the accuracy of new pseudoisochromatic plates. *Ophthalmic Physiol Opt* 1993 Jan;13(1):35-40
14. Coker S, Vize C, Wade T, Cooper PJ. Patients with bulimia nervosa who fail to engage in cognitive behavior therapy. *Int J Eat Disord* 1993 Jan;13(1):35-40
15. Birch J. Clinical use of the American Optical Company (Hardy, Rand and Rittler) pseudoisochromatic plates for red-green colour deficiency. *Ophthalmic Physiol Opt* 1997 May;17(3):248-54
16. Cole BL, Orenstein JM. Does the Farnsworth D15 test predict the ability to name colours? *Clin Exp Optom* 2003 Jul;86(4):221-9
17. Vingrys AJ, Atchison DA, Bowman KJ. The use of colour difference vectors in diagnosing congenital colour vision deficiencies with the Farnsworth-Munsell 100-hue test. *Ophthalmic Physiol Opt* 1992 Jan;12(1): 38-45
18. Aarnisalo E. Testing of colour vision for vocational purposes. *Acta Ophthalmol Suppl* 1984;161: 135-8.
19. Dain SJ. Clinical colour vision tests. *Clin Exp Optom* 2004 Jul;87(4-5):276-93
20. Spalding JA. The doctor with an inherited defect of colour vision: effect on clinical skills. *Br J Gen Pract* 1993 Jan;43(366):32-3
21. Spalding JA. Medical students and congenital colour vision deficiency: unnoticed problems and the case for screening. *Occup Med (Lond)* 1999 May;49(4):247-52
22. Poole CJ, Hill DJ, Christie JL, Birch J. Deficient colour vision and interpretation of histopathology slides: cross sectional study. *BMJ* 1997 Nov 15;315(7118):1279-81
23. Campbell JL, Griffin L, Spalding JA, Mir FA. The effect of abnormal colour vision on the ability to identify and outline coloured clinical signs and to count stained bacilli in sputum. *Clin Exp Optom* 2005 Nov;88(6): 376-81
24. Steward JM, Cole BL. What do color vision defectives say about everyday tasks? *Optom Vis Sci* 1989 May;66(5):288-95
25. Johnson DD. The Ishihara Test: on the prevention of job discrimination. *J Am Optom Assoc* 1992 May;63(5):352-60