

## 韓式 2重 15色相 配列 檢査의 컴퓨터를 利用한 點數化 方法

박완섭<sup>1</sup> · 이종영<sup>2</sup>

순천향대학교 의과대학 예방의학교실<sup>1</sup>, 경북대학교 의과대학 예방의학교실<sup>2</sup>

= Abstract =

### A Computerized Scoring Method of The Hahn Double 15 Hue Test

Wan Seoup Park<sup>1</sup> · Jong Young Lee<sup>2</sup>

*Department of Preventive Medicine and Public Health, College of Medicine,  
Soonchunhyang University<sup>1</sup>*

*Department of Preventive Medicine and Public Health, College of Medicine,  
Kyungpook National University<sup>2</sup>*

The Hahn double 15 hue test is used for social and vocational aptitude test to separate strongly and mildly affected subjects among the colour vision defective persons, detected using colour vision test. However, the assessment of colour vision defect type and severity is based on the hue confusions which are represented diagrammatically on Hahn double 15 hue score sheet, this qualitative assessment of the test results have not provide a numerical score suitable for mathematical analysis.

This paper presented a new proposal for quantitatively scoring the Hahn double 15 hue test based on those hue confusions made by the subject. With this program large numbers of double 15 hue test results can be processed easily and rapidly, and program helps to compare the severity of specific type colour vision defect and monitor acquired colour vision defect which has various disease process, continuously.

---

Key words : computerized scoring method, Hahn double 15 hue test, colour vision test,  
quantitative assessment

## I. 서 론

색각이상에는 선천성과 후천성이 있으며 임상적으로 흔히 볼 수 있는 것은 X 염색체와 결합된 반성 열성으로 유전되는 선천성 색각이상이다. 선천성 색각이상은 거의 대부분이 제1색각이상(적색이상, protan) 및 제2색각이상(녹색이상, deutan)으로 한국인에 있어서는 남자의 5.90%, 여자의 0.44%에 나타나며, 제3색각이상(청황색이상, tritan)은 0.0001% 이하로 매우 드물다. 선천성은 증상이 없으므로 환자는 자각하지 못하고 주로 양안에 동시에 나타나고 정도차가 없으며, 치료할 수 없고 예방도 어려운 질환이다(한천석, 1985; Hart, 1987). 한편, 후천성 색각이상은 망막, 맥락막, 시신경 등의 안저질환과 고혈압, 당뇨병과 같은 전신 질환, 메틸알코올, 담배 등에 의한 중독, 산업장에서서의 다양한 유기용제에 폭로될 때 나타난다. 이것은 주로 편안을 침범하고 환자가 색각이상을 자각하며, 양안에 색각이상의 정도차가 있고 질병의 경과가 다양한 것 등이 선천성과 다르고 종류도 대부분이 제3색각이상(청황색이상, tritan)이다(Verriest, 1963; 한천석, 1985; Hart, 1987).

색채를 취급하는 직장 또는 교통기관 종사자 및 학생에 대한 적성검사를 위하여 색각검사표가 널리 사용되고 있으나, 그것으로는 불충분하며, 정밀검사를 하기 위하여 아노말로스코프 검사가 필요한 것은 주지의 사실이다. 그러나 아노말로스코프는 매우 고가인 광학기이며 구하기 어렵고 사용방법이 까다로와 보편성이 없다는 것이 큰 결점이다(한천석, 1980).

韓式 2중 15색상 배열 검사는 외국제 Farnsworth's 및 Lanthony's Panel D-15 기구를 개량 합병한 것으로 색각이상을 용이하고 정확하게 제1, 제2 및 제3색각이상으로 분류하는 동시에 그 정도를 제1도(약도), 제2도(중등도), 제3도(강도)로 구분할 수 있기 때문에 병원외에 직장이나 학교에서도 아노말로스코프 대신 누구든지 보편적으로 간편히 사용할 수 있는 기구이다(한천석, 1977; 1980). 그러나 韓式 2중 15색상 배열 검사의 판정방법만으로는 집단간의 비교라든지 후천성 색각이상 환자에서 기초자

료를 얻은 후의 추적관찰 등 수학적 분석을 위한 적절한 정량적인 점수를 얻을 수는 없다. 한편, 외국에서는 1982년 Bowman이 Farnsworth's Panel D-15 기구의 정량적인 점수화 방법을 개발하였고, 유기용제에 폭로된 근로자들을 대상으로 후천성 색각이상의 발생을 조사하기 위하여 Bowman의 점수화 방법이 많이 이용되고 있다(Mergler 등, 1988; Gobba 등, 1991). 그러나 우리나라에서는 지금까지 한식 2중 15색상 배열 검사기를 이용한 연구들(한천석, 1980; 곽형우 등, 1987)이 있었으나 객관적인 방법으로 색각이상 정도를 정량적으로 점수화하지 못하였고, 색각이상을 단순히 분류하고 그 정도를 구분하고 있는 실정이다.

다양한 안저질환으로 인한 색각이상 및 당뇨병, 고혈압 등과 같은 전신 질환으로 인한 후천성 색각이상과 산업장에서 유기용제를 취급하는 근로자들에게서 발생하는 색각이상을 감시하기 위해서는 색각이상의 정도를 과학적이고 객관적으로 점수화하는 것이 필요하다. 이에 저자는 산업장에서 색각이상을 일으키는 물질들을 취급하는 근로자뿐만 아니라 기타 후천성 색각이상자들을 추적 관찰하는데 도움이 되고자 韓式 2중 15색상 배열 검사 결과를 정량화하기 위한 방법을 개발하고자 한다.

## II. 연구 방법

韓式 2중 15색상 배열 검사의 정량적 점수화 방법은 백점으로 표시된 청색(1번) 색패부터 시작하여 비슷한 색 순으로 한 개씩 시계바늘 회전방향으로 15개의 색패를 용기의 환상부에 배열하게 한 후에, 인접한 각 색패의 색채 차이를 모두 합하여 계산한다. 정상적으로 배열된 경우 인접한 색패 사이에서 색채의 차이가 가장 작기 때문에 이렇게 계산된 총색채차점수(Total colour difference score, TCDS)는 완전하게 배열한 경우에 가장 작게 된다.

색도 도표상에서  $L^* a^* b^*$ 로 주어진 인접한 두개 색패 사이의 색채차이( $\Delta E$ )는 다음과 같이 1978년 C.I.E에서 추천한 CIELAB 색채차이 공식을 이용하여 계산

하였다.

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

$$\text{여기서 } L^* = 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16,$$

$$a^* = 500[(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}],$$

$$b^* = 200[(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}] \text{ 이며}$$

X, Y, Z는 각 색패의 값(그림 2)이고, X<sub>n</sub>,

Y<sub>n</sub>, Z<sub>n</sub>은 표준 발광체의 값으로 X<sub>n</sub> = 98.

075, Y<sub>n</sub> = 100, Z<sub>n</sub> = 118.225이다.

포트란 언어를 사용하여 프로그램을 만들었다.

### III. 성 적

프로그램은 286 AT이상의 IBM컴퓨터 호환기종에서 실행된다. 프로그램의 실행은 DOS 프롬프트상에서 실행파일명(검사 A; COLOUR1.EXE, 검사 B; COLOUR2. EXE)을 입력하고 엔터키를 친 후, 대상자가 2중 15색상 배열 검사기에서 배열한 15색패의 번호를 차례대로 입력한다. 그림 1은 검사 A에 대해서 대상자가 15개 색패를 완전하게 배열한 경우 프로그램에 입력하는 예를 보여주고 있다. 만약 결과를 파일(AAA.OUT)로 저장하기를 원한다면 다음과 같이 입력한다.

C:\WORK> COLOUR1.EXE >> AAA. OUT

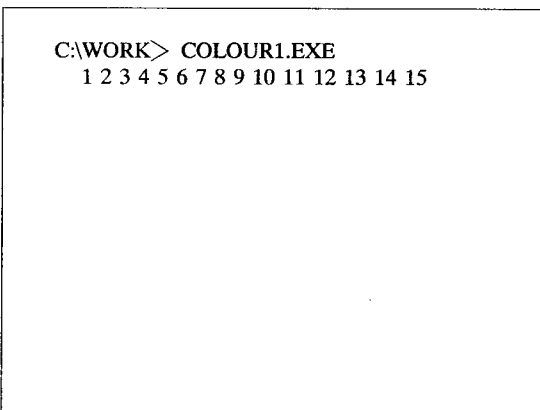


Figure 1. Layout of the computer monitor screen to conduct program for a perfect arrangement of the Hahn Double 15 Hue caps(A series)

프로그램 실행결과에는 각 색패가 들어간 순서와 그에 대응하는 X, Y, Z값과 인접색패간의 색차차이(ΔE) 및 총색차차점수(TCDS)가 계산되어 화면상에 나타난다. 그림 2는 그림 1의 명령을 실행한 결과를 보여주고 있다.

Hue Cap Order	X	Y	Z
1	25.94	30.05	44.58
2	25.17	30.05	42.41
3	24.39	30.05	37.68
4	23.99	30.05	33.24
5	23.97	30.05	29.57
6	24.56	30.05	24.01
7	25.95	30.05	18.98
8	28.83	30.05	17.10
9	31.76	30.05	20.47
10	33.49	30.05	25.34
11	33.88	30.05	31.08
12	33.82	30.05	34.47
13	33.57	30.05	38.98
14	33.29	30.05	41.32
15	32.46	30.05	45.66

Delta E(i) : Colour Difference Score Between i and i+1			
Delta E( 1) :	3.99		
Delta E( 2) :	6.41		
Delta E( 3) :	5.86		
Delta E( 4) :	5.01		
Delta E( 5) :	8.82		
Delta E( 6) :	10.61		
Delta E( 7) :	12.04		
Delta E( 8) :	12.70		
Delta E( 9) :	10.24		
Delta E(10) :	8.53		
Delta E(11) :	4.50		
Delta E(12) :	5.62		
Delta E(13) :	2.88		
Delta E(14) :	5.59		

Total Colour Differences Scores(TCDS) : 102.80			
--	--	--	--

Figure 2. The results of the conducted program for a perfect arrangement of the Hahn Double 15 Hue caps(A series)

Hue Cap Order	X	Y	Z
1	27.88	30.05	40.17
2	27.22	30.05	38.68
3	26.81	30.05	36.49
4	26.65	30.05	34.28
5	26.55	30.05	32.25
6	26.75	30.05	29.16
7	27.51	30.05	26.10
8	29.02	30.05	24.87
9	30.63	30.05	27.16
10	31.42	30.05	30.48
11	31.49	30.05	33.37
12	31.48	30.05	35.00
13	31.43	30.05	37.11
14	31.32	30.05	38.19
15	30.89	30.05	40.34

Delta E(i) : Colour Difference Score Between i and i+1	
Delta E( 1) :	3.16
Delta E( 2) :	3.11
Delta E( 3) :	2.86
Delta E( 4) :	2.69
Delta E( 5) :	4.37
Delta E( 6) :	5.46
Delta E( 7) :	6.19
Delta E( 8) :	7.02
Delta E( 9) :	5.61
Delta E(10) :	3.91
Delta E(11) :	2.10
Delta E(12) :	2.63
Delta E(13) :	1.37
Delta E(14) :	2.98

Total Colour Differences Scores(TCDS) : 53.47	
---	--

Figure 3. The results of the conducted program for a perfect arrangement of the Hahn Double 15 Hue caps(B series)

그림 3은 검사 B에 대해서 대상자가 15개 색패를 완전하게 배열한 경우에 프로그램을 실행한 결과이다.

A, B 두 검사 모두에서 색패를 완전하게 배열한 경우에 총색채차점수(TCDS)가 가장 적고(A 검사 = 102.8021, B검사 = 53.4671), 15색상 배열 형태에서 횡단

교차선이 많을수록 총색채차점수는 증가한다. 예를 들면, 제2색약(deuteranomalía)인 녹색약의 경우 A, B 검사에서 총색채차점수는 각각 225.6609와 115.9376인데 비해서 횡단교차선이 이보다 많은 제2색맹(deuteranopia)인 녹색맹에서는 350.9734와 176.1846으로 두 검사 모두에서 더 크게 나타난다(그림 4).

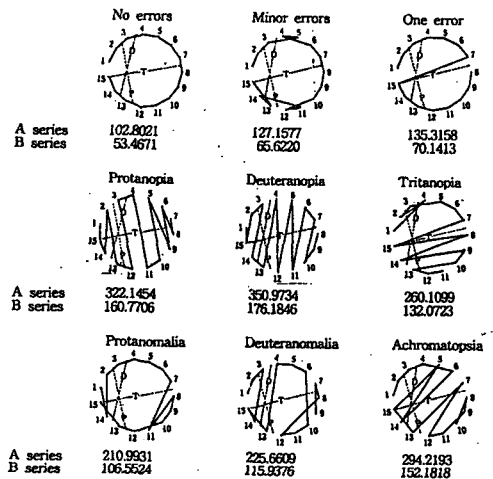


Figure 4. Total colour differences scores(TCDS) for a number of Hahn Double 15 Hue cap arrangements

컴퓨터를 이용할 수 없는 사람들을 위하여 2중 15색상 배열 검사기 15색패 각각에 대해서 다른 색패와의 색채 차이를 계산하여 표 1에 제시하였다.

표 1의 결과를 이용하는 방법은 만약 대상자가 검사 A에서 15개의 색패를 그림 3의 제1색맹(propanopia)인 적색맹의 경우와 같이 1, 15, 14, 2, 13, 12, 3, 4, 11, 10, 5, 9, 6, 8, 7의 순서로 배열하였다면 1번 색패와 15번 색패간의 색채차인  $\Delta E1 = 25.0$ 에 15번 색패와 14번 색패간의 색채차인  $\Delta E2 = 4.3$ 을 더하고 계속해서 14-2, 2-13, 13-12, 12-3, 3-4, 4-11, 11-10, 10-5, 5-9, 9-6, 6-8, 8-7번 색패간의 색채 차인 31.1, 32.3, 5.6, 36.4, 5.9, 38.2, 8.5, 38.4, 34.0, 28.8, 21.4, 12.0을 모두 더하면 총색채차점수(TCDS)는 321.

**Table 1.** Calculated colour differences( $\Delta E$ ) between each cap of the Hahn Double 15 Hue Test and all other fourteen caps  
(A series)

Cap number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	-	4.0	10.2	15.8	20.3	27.5	35.8	41.1	39.9	37.8	34.1	32.0	29.5	28.1	25.0
2		-	6.4	12.2	16.9	24.7	33.6	40.0	40.0	38.9	35.9	34.2	32.3	31.1	28.4
3			-	5.9	10.8	19.1	28.7	36.4	38.3	38.9	37.4	36.4	35.3	24.6	32.7
4				-	5.0	13.7	23.8	32.7	36.4	38.5	38.2	37.9	37.7	37.4	36.2
5					-	8.8	19.2	28.9	34.0	38.4	38.3	38.6	39.1	39.1	38.7
6						-	10.6	21.4	28.8	34.4	37.2	38.5	40.3	40.9	41.6
7							-	12.0	22.5	30.5	35.6	38.1	41.2	42.5	44.6
8								-	12.7	22.5	29.5	33.1	37.4	39.4	42.8
9									-	10.2	18.2	22.3	27.4	29.9	34.3
10										-	8.5	13.0	18.5	21.2	26.2
11											-	4.5	10.1	18.2	18.2
12												-	5.6	8.5	13.9
13													-	2.9	8.4
14														-	5.6
15															-

(B series)

Cap number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	-	3.2	6.1	8.7	11.2	14.9	18.8	21.1	20.0	18.1	16.0	15.0	13.9	13.2	11.4
2		-	3.1	5.9	8.5	12.5	17.0	20.1	20.2	19.1	17.5	16.9	16.1	15.6	14.2
3			-	2.9	5.6	9.7	14.6	18.4	19.4	19.3	18.3	17.9	17.7	17.4	16.4
4				-	2.7	7.0	12.0	16.4	18.3	19.0	18.6	18.5	18.7	18.6	18.0
5					-	4.4	9.6	14.5	17.4	18.8	19.0	19.2	19.7	19.8	19.5
6						-	5.5	11.0	15.3	18.0	19.0	19.7	20.8	21.1	21.4
7							-	6.2	12.1	16.2	18.3	19.5	21.2	21.9	22.9
8								-	7.0	12.2	15.3	17.0	19.2	20.2	22.0
9									-	5.6	9.3	11.2	13.8	15.0	17.3
10										-	3.9	6.0	8.6	10.0	12.6
11											-	2.1	4.7	6.1	8.8
12												-	2.6	4.0	6.8
13													-	1.4	4.3
14														-	3.0
15															-

9가 된다. 이는 프로그램을 이용하여 계산된 점수인 322.1과 거의 같은데 이러한 차이는 계산상의 반올림 때문이다.

#### IV. 고 찰

현재 선천성 및 후천성 색각이상을 검사하기 위하여 여러 가지 색각검사 기구가 이용되고 있다. 가장 흔하게 사용되고 있는 것이 적-녹 범위의 선천성 색각이상을 평가하기 위하여 고안된 石原氏 색각검사표와 Stilling氏 색각검사표와 같은 가성동색표이다 (Aarnisalo, 1979). 그러나 이런 검사표는 제1색각이상과 제2색각이상의 감별 및 색약과 색맹의 감별이 곤란하고, 청-황 범위의 후천성 색각이상을 찾아내기에는 충분하지 못하다(Pokorny 등, 1979). 두번째 범주의 검사로 정밀검사를 하기 위한 아노말로스코프 검사가 있으나 매우 고가인 광학기이며 구하기 어렵고 사용방법이 복잡하여 보편성이 없다는 것이 큰 단점이다(한천석, 1980). 세번째 범주의 검사로는 색상 배열검사로 Farnsworth - Munsell 100 Hue 검사, Farnsworth D-15 Panel 및 Lanthony 15 desaturated Panel 검사 등이 있으며(Pokorny 등, 1979), 우리나라에는 후자의 두 검사를 개량 합병한 韓式 2중 15색상 배열기가 있다(한천석, 1977). 임상적인 연구에는 Farnsworth - Munsell 100 Hue 검사가 적합한 반면, 현장 조사를 위해서는 기구를 쉽게 운반할 수 있고 시간적, 경제적 장점이 있는 15색상 배열기가 적합하다(Farnsworth, 1943; Gobba 등, 1991). 상기 세 종류의 15색상 배열기의 공통적인 판정방법은 1번 색패를 기준으로 비슷한 색 순으로 15개의 색패를 나열하게 한 후, 기록용지의 숫자 표점을 직선으로 연결하여 색각이상의 분류 및 정도를 판정한다. 색패를 배열할때 발생하는 착오의 수와 특성이 단지 그림으로 표시되어 수학적 분석을 위해 적합한 정량적인 점수를 제공하지는 못한다. 망막, 시신경 등의 안저질환과 고혈압, 당뇨병과 같은 전신 질환, 메틸알코올, 담배 등의 중독에 의한 색각이상 및 산업장에서 유기용제를 취급하는 근로자들에게서 발생하

는 색각이상을 감시하고 추적관찰하기 위해서는 색각이상의 정도를 정량적으로 점수화하는 것이 필요하다. 이러한 필요성으로 인해 1982년 Bowman은 C.I.E.(1978)에서 추천한 CIELAB 색채차이 공식을 이용하여 Farnsworth's Panel D-15 기기의 정량적인 점수화 방법을 개발하였고, 후천성 색각이상의 연구에 Bowman의 점수화 방법이 많이 이용되고 있는 실정이다.

한편, 우리나라에서는 곽형우 등(1987)이 韓式 2중 15색상 배열기를 이용한 바 있으나 인접한 두 색패사이의 색채차이를 동일하게 1로 계산하여 총색채차점수를 구하였다. 이는 인접한 색패차이의 값이 C.I.E.(1978)에서 추천한 CIELAB 색채차이 공식을 이용할 경우 다르게 나타나고, 대상자가 느끼는 색감 또한 각 인접색패간에 다르므로 정확한 값이 되지 못한다. 예를 들어, 대상자 甲은 색패를 1, 3, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 10, 12, 13, 14, 15의 순서로 배열하고, 乙은 1, 2, 3, 5, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 11, 13, 14, 15의 순서로 배열하였다면, 곽형우 등(1987)이 계산한 총색채차점수는 두 명의 대상자 모두에서 18로 계산되는 반면에, CIELAB 색채차이 공식으로 계산하면 甲은 131.81, 乙은 121.50으로 상당히 다르게 나타난다.

완전하게 색패를 배열한 경우에 Farnsworth's Panel D-15 기기를 이용하면 총색채차점수가 116.9로 계산되는 반면, 韓式 2중 15색상 배열 검사기는 102.8로 더 낮게 나오는데, 이는 Farnsworth's Panel D-15 기기에 는 기준색패가 하나 더 있을 뿐만 아니라 두 색각검사기의 색패에 사용된 색도차이때문이다.

이 프로그램은 많은 검사 결과를 쉽고 빠르게 조작할 수 있고 특정한 색각이상의 정도를 집단간 비교할 수 있으며, 질병경과가 다양한 후천성 색각이상을 지속적으로 감시할 수 있도록 도움을 준다. 반면에 프로그램에 의해 계산된 총색채차점수(TCDS)는 연구 대상자가 15개의 색패를 바꾸어 배열한 수와 형태에 대한 정량적인 표시가 되고, 이 총색채차점수만으로는 반드시 색각이상을 분류하지는 못하고, 오히려 특정한 종류의 색각이상에 대한 연구 대상자의 색채 착오의 정량적인 지표가 된다. 그러므로 색각이상의 분류를 위

해서는 15개 색패의 배열 형태를 먼저 보아야 한다.

향후 다양한 질병으로 인한 후천성 색각이상 및 후천성 색각이상을 일으키는 직업에 종사하는 사람들을 대상으로 한 연구와 이들에 대한 감시에 이 프로그램이 이용되기를 기대한다. 아울러 컴퓨터 화면상에서 대상자가 직접 색패를 지정하면 결과가 즉시 출력되어 누구나 손쉽게 색각이상 유무를 파악할 수 있는 프로그램 개발을 위한 연구가 이어져야 할 것이다.

## V. 요약

韓式 2중 15색상 배열기는 다른 색각검사표로 색각 이상이 발견된 사람들에서 색각이상의 분류와 그 정도를 구분하여 직업 및 사회 적성검사로 이용되고 있다. 그러나 색각이상의 분류와 정도의 판정을 2중 색상 배열기의 기록용지에 그린 색채의 착오를 기초로 정성적으로 평가하기 때문에, 수학적인 분석을 위한 적절한 정량적인 점수를 얻을 수는 없다.

이 논문은 대상자들의 색채착오를 기초로 韓式 2중 15색상 배열기의 정량적인 점수화 방법을 위한 새로운 제안이다. 이 프로그램을 이용하면 많은 2중 15색상 배열검사 결과들을 쉽고 빠르게 조작할 수 있고, 특정한 형태의 색각이상 정도를 집단간 비교할 수 있으며, 질병경과가 다양한 후천성 색각이상을 지속적으로 감시할 수 있도록 도움을 준다.

## 참고문헌

곽형우, 김경자, 이윤상, 김상민. 당뇨병 환자에서의 후천적 색각이상에 관한 임상적 연구. 대한안과학회지

- 1987 ; 28(5) : 155-159
- 韓天錫. 2重 15色相 配列 檢査器. 대한안과학회지 1977 ; 18(4) : 107-111
- 韓天錫. 2重 15色相 配列 檢査器에 依한 色覺檢査成績. 대한안과학회지 1980 ; 21(3) : 23-25
- 韓天錫. 色覺異常者의 學校 및 職業適性. 대한안과학회지 1985 ; 26(2) : 83-89
- Aarnisalo A. Screening of red-green defects of colour vision with pseudo-isochromatic tests. *Acta Ophthalmol* 1979 ; 59 : 397-408
- Bowman KJ. A method for quantitative scoring of the Farnsworth Panel D-15. *Acta Ophthalmol* 1982 ; 60 : 907-916
- C.I.E. Supplement No2 to CIE Publication No 15(E-1.3.1) 1971/(TC-1.3), Paris : Commission Internationale De L'Eclairage, 1978
- Farnsworth D. The Farnsworth-Munsell 100 Hue and dichotomous tests for colour vision. *J Opt Soc Am* 1943 ; 33(10) : 568-578
- Gobba F, Galassi C, Imbriani M, Ghittori S, Candela S, Cavalleri A. Acquired dyschromatopsia among styrene-exposed workers. *J Occup Med* 1991 ; 33(7) : 761-765
- Hart WM. Acquired dyschromatopsias. *Surv Ophthalmol* 1987 ; 32 : 10-31
- Mergler D, Belanger S, De Grosbois S, Vachon N. Chromal focus of acquired chromatic discrimination loss and solvent exposure among printshop workers. *Toxicology* 1988 ; 49 : 341-348
- Pokorny J, Smith VS, Verriest G, Pinckers A. *Congenital and Acquired Colour Vision Defects*, New York : Grune and Stratton, 1979
- Verriest G. Further studies on acquired deficiency of colour discrimination. *J Opt Soc Am* 1963 ; 53 : 185-195