

A Nationwide Population-Based Study of Color Vision Deficiency in Korean Adults

Hyojin Kim^{1,2,a} and Youngju An^{3,b,*}

¹Dept. of Optometry, Baekseok University, Professor, Cheonan 31065, Korea

²Graduate School of Health and Welfare, Baekseok University, Professor, Seoul 06695, Korea

³Dept. of Optometry, Baekseok Culture University, Professor, Cheonan 31065, Korea

(Received May 30, 2023; Revised June 13, 2023; Accepted June 19, 2023)

Purpose: This study aimed to analyze the prevalence of color vision deficiency in Korean adults, and assess differences based on types of color vision deficiency, age, and gender. **Methods:** A total of 4941 participants between the ages of 19 and 49 were included in this population-based cross-sectional study utilizing information from the second and third years (2014 and 2015) of the 6th National Health and Nutrition Examination Survey. The color vision test was performed with both eyes using the Hardy-Rand-Rittle (H-R-R). If the percentage of correct answers on the Protan was high, it was classified as the Protan (red blindness), if the percentage of correct answers on the Deutan item was high, it was classified as the Deutan (green blindness), and if the correct percentages were equal or all were normal, they were classified as other abnormalities. **Results:** The prevalence of color blindness was 2.9% (95% confidence interval [CI]: 2.2, 3.8) in 2014, 3.0% (95% CI: 2.2, 3.9) in 2015, and 2.9% (95% CI: 2.4, 3.6) in 2014-2015. The prevalence of color vision deficiency by gender was 5.6% (95% CI: 4.6, 6.8) in males in 2014-2015, higher than 0.2% (95% CI: 0.1, 0.6) in females ($p<0.001$). Regarding the prevalence by type of color blindness, Deutan was the most common in males with 86 (72.3%) followed by Protan with 19 (16.0%), 14 unclassified (11.8%), and unclassified in females with 3 (100.0%). **Conclusions:** The prevalence of color vision deficiency analyzed in adult males and females based on the national population was high in males, and Protan showed the highest rate.

Key words: Color vision deficiency, Protan, Deutan, Pseudoisochromatic plate, Hardy-Rand-Rittle

서 론

색각이상은 정상적인 조명 조건에서 다른 색깔을 구분하지 못 하거나 구분하는 능력이 떨어지는 상태로 가장 흔한 시력 장애의 한 종류이다.^[1,2] 색각이상은 선천성 또는 후천성인 원인에 의해 유발될 수 있는데,^[3] 임상적으로 X염색체와 관련이 있는 선천성 색각이상은 후천적 색각이상 보다 흔하게 볼 수 있다.^[4] 색각이상자의 대부분은 제1색각이상이나 제2색각이상이며, 제3색각이상은 비교적 드물다. 또한, 적녹청 3개의 원뿔세포 색소를 모두 가지고 있으나 그중 하나가 결핍되었거나 비정상적인 3색형색각이상은 2원색의 색각만 보조하고 있는 2색형색각이상 보다 약2배 높게 보고되었다.^[5,6]

색각이상자의 발생률은 인종과 지역적인 차이를 보인다.^[7,8] 유럽 백인을 대상으로 조사된 이전 연구에서 적녹 색각이상은 남성에서 8.0%로 여성의 0.4%와 많은 차이를 보였다.^[9] 중국과 일본의 색각이상은 각각 4.0%와 6.5%를 보

였고,^[3,10] 아프리카는 4.0%, 터키 7.4%, 그리고 사우디아라비아는 2.9~11.0%로 보고되었다.^[11-14] 후천성 색각이상은 청황 색각이상으로 나타나며, 주로 직업, 유기용제에 과도하게 노출된 경우, 시신경장애와 같이 안과적 질병에 의해 발생할 수 있다.

현재까지 국내의 선행연구에서 색각이상 유병률은 1989년 중학교 3학년층을 대상으로 남학생 5.9%, 여학생 0.4%였다. 그러나 대상자가 2개 도시에 제한되어 조사되었고, 스크리닝 선별 검사로 진행되었다.^[15] 최근 Kim 등^[16]은 전국적으로 시행된 국민건강영양조사의 2013년 안과 자료를 활용하여 한국인을 대표할 수 있는 만 19~49세까지의 성인남녀를 대상으로 색각이상의 유병률을 분석하였다. 그 결과, 전국적인 인구 단면 연구에서 한국인의 색각이상 유병률은 3.9%로 남성(6.5%)이 여성(1.1%) 보다 6.08배 높았다.^[16]

색각이상자들은 일상의 활동과 교육, 직업, 사회경제 활동에 부정적인 영향을 받고 있으며 이러한 문제를 해결하

*Corresponding author: Youngju An, TEL: +82-41-550-2906, E-mail: yjan@bscu.ac.kr

Authors ORCID: ^ahttps://orcid.org/0000-0001-7703-5170, ^bhttps://orcid.org/0000-0003-1084-6395

기 위해 색각이상자용 콘택트렌즈 또는 유전자치료 등을 받고 있지만 그 효과가 만족스럽지 못하다.^[17] 전국적인 인구 기반 자료를 활용하여 색각이상의 유병률을 조사하는 것은 시각관련 장애의 현황을 정확히 파악하고 이로부터 보건 정책을 계획하고 프로그램의 우선순위를 결정하는데 중요한 기초자료가 된다.^[18,19] 또한, 색각 검사법은 거짓동색표, Nagel의 색각경법, Farnsworth-Munsell법, Colormaster법, Hardy-Rand-Ritter Plates 검사법 등이 있는데, 선별 방법의 부정확성은 지역 간 유병률의 차이에 영향을 미칠 수 있다.^[16]

Kim 등^[6]이 2013년도에 조사된 한국인의 색각이상 유병률을 보고한 이후에 가장 최근에 국내에서 시행된 전국적인 색각이상 검사는 2014~2015년 Hardy-Rand-Ritter Plates 검사법을 이용하여 시행되었다. 이에 본 연구에서는 이전에 발표한 2013년도의 1개년도 자료의 결과를 바탕으로 이후 연속적으로 시행된 2개년도의 한국인을 대표할 수 있는 국민건강영양조사 자료를 활용하여 만 19~49세까지의 한국 성인남녀를 대상으로 인구기반 연구에서 색각이상 유병률을 분석하고, 색각이상의 종류와 성별에 따른 차이를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

본 연구는 제6기 2~3차년도(2014~2015년) 국민건강영양조사 자료를 이용하여 수행되었다. 국민건강영양조사에서는 대한민국에 거주하는 19세 이상을 대상으로 안과 전문의 또는 전공의에 의한 설문 및 검진이 시행되었다. 모든 환자들은 시력검사, 자동굴절검사(KR8800, Topcon, Japan), 슬릿램프 검사(BM900, Haag-Streit, Switzerland) 등을 시행 받았다. 색각검사는 만19~49세를 대상으로 시행되었으며, 색각검사를 받은 총 5,150명(2014년: 2529명, 2015년: 2621명)이 분석에 이용되었다. 본 연구는 백석대학교 기관생명윤리위원회(Institutional Review Board, IRB)의 승인을 받았다(승인번호 BUIRB-202210HR-028).

2. 방법

색각검사는 거짓동색표의 Hardy-Rand-Ritter(H-R-R) 검사법을 이용하여 직사광선이 없는 장소에서 앉아 대상자의 눈과 검사판의 거리를 30인치(76.2 cm)로 유지한 상태에서 양안으로 시행되었다. H-R-R 검사법은 여러 가지 색채로 이루어진 비슷한 형태의 원형점 배경에 문자와 숫자를 삽입하여 분별 가능 여부를 검사하는 방법으로 청색각이상(Tritan)을 발견함으로써 더 정확한 색각이상 분류가 가능하기 때문에 이시하라(Ishihara) 검사법보다 많은 정보

를 제공하는 것으로 알려져 있다.^[20] H-R-R 검사법은 총 24개의 검사판으로 이루어져 있으며, 1~4번은 시범판, 5~10번은 선별검사판, 11~24번은 색약의 종류 및 강도를 진단할 경우 사용한다. 각 검사판은 3~5초간 시간을 두고 분별할 수 있는지 여부를 판단한다.

만일 5~6번판 중 하나라도 분별하지 못하는 경우가 있으면 대상자는 청황색각이상(defective blue-yellow vision)이며, 21~24번 판을 검사하여 청색각이상(Tritan) 항목의 정답률이 높은 경우 제 3색각이상(청색각이상), 정답률이 같거나 모두 정상일 경우 기타이상으로 분류되었다. 또한 7~10번판 중 하나라도 분별하지 못하는 경우가 발생한다면 적녹색각이상(defective red-green vision)이며, 11~20번 판을 검사하여 적색각이상(Protan) 항목의 정답률이 높은 경우 제1색각이상, 녹색각이상(Deutan) 항목의 정답률이 높은 경우 제2색각이상, 정답률이 같거나 모두 정상일 경우 기타이상으로 분류되었다.^[21]

3. 자료 분석

통계학적인 분석은 SPSS 18.0 version(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 복합표본설계 프로시저를 이용하여 설문조사에 참여한 대상자가 우리나라 국민을 대표할 수 있도록 분석하였고, 성별과 연령대(19~29세, 30~39세, 40~49세)에 따라 나누어 색각이상의 유병률을 가중된 백분율(weighted %)과 95% 신뢰구간(confidence interval, CI)으로 나타내었다. 연도별 대상자의 연령과 포함된 남녀 명수의 차이는 독립표본 t 검정과 카이제곱 검정을 시행하였다. 또한, 연령대와 성별에 따른 색각이상의 유병률 차이는 카이제곱 검정으로 분석하였다. 모든 분석은 유의수준이 0.05 미만일 경우에 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

결과 및 고찰

본 연구는 총 4,941명을 대상으로 하였고 연도별 대상자들의 성별과 연령대에 따른 분포는 다음과 같았다(Table 1). 2014~2015년도의 경우 대상자는 총 4,941명(남: 2,096명, 여: 2,845명)이었으며 평균나이는 35.6±8.7세였다. 각각의 연도(2014년, 2015년, 2014~2015년)에서 성별에 따라 분석에 포함된 연령대별(19~29세, 30~39세, 40~49세) 대상자 수는 유의한 차이가 없었다(각, $p=0.847, 0.743, 0.142$)(Table 1).

전체 대상자의 색각이상 유병률은 다음과 같았다(Table 2). 2014~2015년도의 경우 4,941명 중 색각이상은 122명으로 가중된 유병률은 2.9%(95% CI: 2.4, 3.6)이었다. 연령대에 따라 나누었을 때 색각이상의 가중된 유병률은 19~

29세, 30~39세, 40~49세가 각각 2.9%(95% CI: 2.0, 4.2), 2.8%(95% CI: 2.0, 3.8), 3.1%(95% CI: 2.3, 4.2)로 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p=0.698$). 성별에 따라 나누었을 때 색각이상의 가중된 유병률은 남자가 5.6%(95% CI, 4.6-6.8), 여자가 0.2%(95% CI: 0.1, 0.6)로 유의한 차이를 보였다($p<0.001$). 2014년과 2015년의 연령과 성별에 따른 색각이상의 유병률도 유사하게 성별에 따라서만 유의한 차이를 보였다(Table 2).

Table 3에는 색각이상의 종류를 나타내었다(Table 3). 2014~2015년에 제2색각이상은 86명(2.1%)으로 제1색각이상 19명(0.4%)에 비해 높은 유병률을 보였다. 2014년과 2015년도에도 유사한 결과를 보였다. 전체 대상자와 성별에 따른 색각이상의 종류를 쉽게 비교하고자 Fig. 1에 유병률 분포도를 나타내었다(Fig. 1). 2014~2015년도의 경우 남성에서는 제2색각이상이 86명(72.30%)이 가장 많았고, 그 다음으로 제1색각이상 19명(16.0%), Unclassified 14명(11.8%) 순이었다. 여자에서는 색각이상자 3명이 모두 Unclassified(100.0%)이었다.

색각이상은 크게 선천성과 후천성으로 나뉘며, 세부적으로는 이상이 있는 원뿔세포의 종류에 따라 크게 적색 계열의 제1색각이상, 녹색 계열의 제2색각이상, 청색 계열의 제3색각이상으로 분류하고 있다.^[22] 선천성 색각이상의 경우 출생 시부터 존재하며, 대부분 열성 반성유전을 하고 양안

의 종류와 정도가 동일한 특성을 가지고 있기 때문에 여자보다 남자에게 더 유병률이 높은 것으로 알려져 있다.^[1,23]

이전 연구에 따르면 나라 및 인종, 그리고 색각이상을 판별하는 검사법에 따라 색각이상의 유병률은 다양하게 보고되고 있으며, 본 연구결과와 유사하게 남성의 색각이상 유병률은 약 4.0~9.0%로 보고되고 있다.^[24,25] 유럽 백인을 대상으로 이시하라 검사를 이용하여 적록 색각이상의 유병률을 평가한 연구에서 남자와 여자의 적록 색각이상의 유병률은 노르웨이의 경우 각각 8.01%와 0.44%였으며, 독일의 경우 7.75%와 0.36%였고, 프랑스의 경우 8.95%와 0.50%로 나타났다.^[24] 에티오피아 남부 지역의 초등학생을 대상으로 이시하라 검사를 이용한 연구에서 색각이상의 유병률은 성별에 따라 분류하였을 때 남학생(3.6%)이 여학생(0.6%)에 비해 높고, 색각이상의 종류에 따라 비교하였을 때 제2색각이상(57.1%)이 제1색각이상(42.9%)에 비해 높아 본 논문과 일치하는 경향을 보였다.^[26]

이란에서 2017년에 발표된 색각이상의 유병률은 다른 나라와 비교하여 더 높은 유병률을 보고하였는데, 7~60세를 대상으로 Farnsworth D-15를 이용하여 조사되었다.^[27] 그 결과, 색각이상의 유병률은 13.93%(95% CI: 12.44~15.41)로 나타났으며, 성별로 비교하였을 때 남성(15.85%)이 여성(12.96%)에 비해 유병률이 높고, 색각이상의 종류에 따라 비교하였을 때 청황색맹(6.96%)이 녹색맹(3.92%)이

Table 1. Study population

		Total	Male	Female	p-value
2014					
Total, n (%)		2529 (100.0)	1049 (41.5)	1480 (58.5)	-
Age (yrs), mean±SD		35.7±8.5	35.7±8.5	35.6±8.5	0.033*
Age group (yrs)	19~29	623 (24.6)	252 (10.0)	371 (14.7)	0.847†
	30~39	950 (37.6)	403 (15.9)	547 (21.6)	
	40~49	956 (37.8)	394 (15.6)	562 (22.2)	
2015					
Total, n (%)		2412 (100.0)	1047 (43.4)	1365 (56.6)	
Age (yrs), mean±SD		35.6±8.9	35.3±9.0	36.0±8.9	0.010*
Age group (yrs)	19~29	687 (28.5)	334 (31.9)	353 (25.9)	0.743†
	30~39	759 (31.5)	308 (29.4)	451 (33.0)	
	40~49	966 (40.0)	405 (38.7)	561 (41.1)	
2014 to 2015					
Total, n (%)		4941 (100.0)	2096 (42.4)	2845 (57.6)	
Age (yrs), mean±SD		35.6±8.7	35.4±8.8	35.8±8.7	0.074*
Age group (yrs)	19~29	1310 (26.5)	586 (28.0)	724 (25.4)	0.142†
	30~39	1709 (34.6)	711 (33.9)	998 (35.1)	
	40~49	1922 (38.9)	799 (38.1)	1123 (39.5)	

*Unpaired t test

† χ^2 test

Table 2. Prevalence of color vision deficiency in Korean population

	Color vision deficiency	Color normal	Total	<i>p</i> -value
2014				
Total (n)	63	2466	2529	
Weighted % (95% CI)	2.9 (2.2, 3.8)	97.1 (96.2, 97.8)	100.0	
Age group				
19~29 yrs (n)	11	612	623	0.639
Weighted % (95% CI)	2.3 (1.2, 4.1)	97.7 (95.9, 98.8)	100.0	
30~39 yrs (n)	27	923	950	
Weighted % (95% CI)	3.3 (2.2, 4.8)	96.7 (95.2, 97.8)	100.0	
40~49 yrs (n)	25	931	956	
Weighted % (95% CI)	3.2 (2.0, 4.9)	96.8 (95.1, 98.0)	100.0	
Sex				
Male (n)	61	988	1049	0.008
Weighted % (95% CI)	5.5 (4.2, 7.2)	94.5 (92.8, 95.8)	100.0	
Female (n)	2	1478	1480	
Weighted % (95% CI)	0.2 (0.0, 1.1)	99.8 (98.9, 100.0)	100.0	
2015				
Total (n)	59	2353	2412	
Weighted % (95% CI)	3.0 (2.2, 3.9)	97.0 (96.1, 97.8)	100.0	
Age group				
19~29 yrs (n)	21	666	687	0.453
Weighted % (95% CI)	3.5 (2.2, 5.6)	96.5 (94.4, 97.8)	100.0	
30~39 yrs (n)	13	746	759	
Weighted % (95% CI)	2.3 (1.3, 4.0)	97.7 (96.0, 98.7)	100.0	
40~49 yrs (n)	25	941	966	
Weighted % (95% CI)	3.1 (2.1, 4.6)	96.9 (95.4, 97.9)	100.0	
Sex				
Male (n)	58	989	1047	0.011
Weighted % (95% CI)	5.7 (4.2, 7.5)	94.3 (92.5, 95.8)	100.0	
Female (n)	1	1364	1365	
Weighted % (95% CI)	0.1 (0.0, 1.0)	99.9 (99.0, 100.0)	100.0	
2014 to 2015				
Total (n)	122	4819	4941	
Weighted % (95% CI)	2.9 (2.4, 3.6)	97.1 (96.4, 97.6)	100.0	
Age group				
19~29 yrs (n)	32	1278	1310	0.698
Weighted % (95% CI)	2.9 (2.0, 4.2)	97.1 (95.8, 98.0)	100.0	
30~39 yrs (n)	40	1669	1709	
Weighted % (95% CI)	2.8 (2.0, 3.8)	97.2 (95.8, 97.7)	100.0	
40~49 yrs (n)	50	1872	1922	
Weighted % (95% CI)	3.1 (2.3, 4.2)	96.9 (95.8, 97.7)	100.0	
Sex				
Male (n)	119	1977	2096	<0.001
Weighted % (95% CI)	5.6 (4.6, 6.8)	94.4 (95.8, 97.7)	100.0	
Female (n)	3	2842	2845	
Weighted % (95% CI)	0.2 (0.1, 0.6)	99.8 (99.4, 99.9)	100.0	

CI: confidence interval

Table 3. Prevalence of different types of color vision deficiency in the Korean population

	Protan	Deutan	Tritan	Unclassified
2014				
Total (n)	8	44	0	11
Weighted % (95% CI)	0.3 (0.2, 0.6)	2.0 (1.4, 2.8)	-	0.6 (0.3, 1.1)
Age group				
19~29 yrs (n)	1	8	0	2
Weighted % (95% CI)	0.1 (0.0, 1.4)	0.5 (0.2, 1.0)	-	0.2 (0.0, 0.7)
30~39 yrs (n)	5	19	0	3
Weighted % (95% CI)	0.2 (0.1, 0.5)	0.7 (0.4, 1.2)	-	0.2 (0.0, 0.6)
40~49 yrs (n)	2	17	0	6
Weighted % (95% CI)	0.1 (0.0, 0.3)	0.8 (0.5, 1.4)	-	0.2 (0.1, 0.6)
Sex				
Male (n)	8	44	0	9
Weighted % (95% CI)	0.3 (0.2, 0.6)	3.9 (2.8, 5.4)	-	0.5 (0.2, 1.0)
Female (n)	0	0	0	2
Weighted % (95% CI)	-	-	-	0.1 (0.0, 0.6)
2015				
Total (n)	11	42	0	6
Weighted % (95% CI)	0.6 (0.3, 1.1)	2.2 (1.7, 2.6)	-	0.3 (0.1, 1.0)
Age group				
19~29 yrs (n)	5	13	0	3
Weighted % (95% CI)	0.2 (0.1, 0.4)	0.8 (0.4, 1.4)	-	0.2 (0.1, 0.7)
30~39 yrs (n)	3	8	0	2
Weighted % (95% CI)	0.2 (0.0, 0.5)	0.5 (0.2, 1.0)	-	0.1 (0.0, 0.4)
40~49 yrs (n)	3	21	0	1
Weighted % (95% CI)	0.2 (0.1, 0.6)	0.9 (0.6, 1.4)	-	0.0 (0.0, 0.3)
Sex				
Male (n)	11	42	0	5
Weighted % (95% CI)	0.5 (0.3, 0.9)	2.1 (1.6, 2.9)	-	0.2 (0.1, 0.9)
Female (n)	0	0	0	1
Weighted % (95% CI)	-	-	-	0.1 (0.0, 0.5)
2014 to 2015				
Total (n)	19	86	0	17
Weighted % (95% CI)	0.4 (0.2, 0.6)	2.1 (1.7, 2.6)	-	0.4 (0.3, 0.8)
Age group				
19~29 yrs (n)	6	21	0	5
Weighted % (95% CI)	0.1 (0.0, 0.3)	0.6 (0.4, 1.0)	-	0.2 (0.1, 0.5)
30~39 yrs (n)	8	27	0	5
Weighted % (95% CI)	0.2 (0.1, 0.4)	0.6 (0.4, 0.9)	-	0.1 (0.0, 0.3)
40~49 yrs (n)	5	38	0	7
Weighted % (95% CI)	0.1 (0.0, 0.3)	0.8 (0.6, 1.2)	-	0.1 (0.1, 0.4)
Sex				
Male (n)	19	86	0	14
Weighted % (95% CI)	0.4 (0.2, 0.6)	2.1 (1.7, 2.6)	-	0.3 (0.2, 0.7)
Female (n)	0	0	0	3
Weighted % (95% CI)	-	-	-	0.1 (0.0, 0.3)

CI: confidence interval

Distribution of color vision deficiency

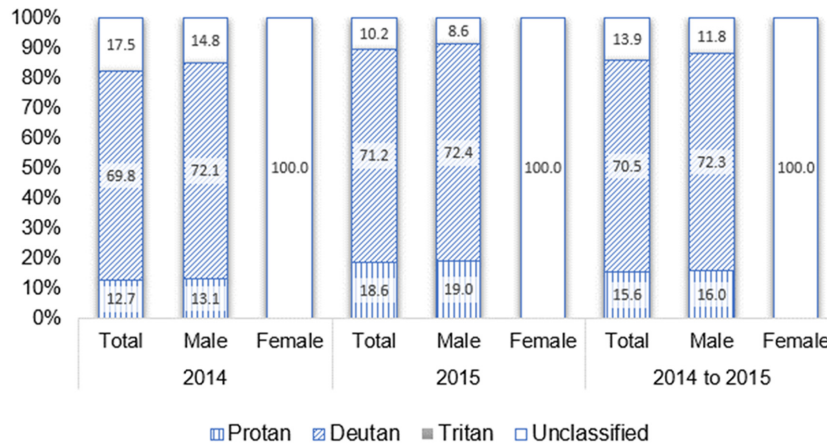


Fig. 1. Distribution of color vision deficiency types in male and female participants with color vision deficiency.

나 청색약(2.21%)에 비해 유병률이 높음을 보고하였다.^[27] 색각검사는 검사방법의 선정에 따라 결과에 영향을 줄 수 있는데, 색각검사법은 크게 물체색 이용법과 물체 색광 이용법으로 나눌 수 있다. 물체색 이용법에는 거깃동색표 [(이시하라(Ishihara) 검사, 한식색각검사표, Hardy-Rand-Rittle(H-R-R) 검사, Dvorine(드보린) 검사)]와 색상배열법 [Farnsworth Munsell 100-Hue 검사, 패널 D-15 테스트 (Farnsworth D-15)]이 있으며, 물체 색광 이용법에는 니켈의 색각경 검사법이 있다. 현재 가장 많이 사용되고 있는 검사법은 이시하라 검사로 적록색각이상만 판별할 수 있고 색각이상의 분류 및 정도를 결정하기에는 불충분하다는 단점이 있다. 패널 D-15 테스트(Farnsworth D-15)는 두 번째로 많이 사용되는 검사법으로 이시하라 검사법에 비해 청황색각이상을 더 잘 분류해내는 것으로 알려져 있다. 이에 따라 청황색각이상이 많은 후천성 색각이상의 경우 이시하라 검사법을 이용하여 색각이상을 판별할 경우 패널 D-15 테스트(Farnsworth D-15)에 비해 청황색각이상의 유병률이 저평가 될 수 있다.^[28] 본 연구에서 사용된 Hardy-Rand-Rittle(H-R-R) 검사법은 민감도와 특이도가 높은 검사방법으로 청색각이상(Tritan)을 발견할 수 있어 이시하라(Ishihara) 검사법보다 더 많은 정보를 제공할 수 있다는 장점이 있다.^[20] 선행 연구에서 색각이상의 유병률이 차이를 보이는 또 다른 이유는 대상자의 연령 차이를 들 수 있다. Hashemi 등^[5]은 2,628명을 대상으로 연령대에 따라 색각이상의 유병률을 분석하였으며, 7~15세 그룹에 비해 16~30세 그룹의 색각이상 유병률의 위험비는 낮은 반면 46~60세 그룹은 높다고 보고하였다. 이러한 이유는 나이가 증가할수록 백내장, 녹내장, 망막질환과 같은 안과적 질환이 후천성 색각이상에 영향을 미쳤기 때문으로 생각해볼 수 있다. 백내

장의 유병률은 연령에 따라 증가하는데, 나이가 증가함에 따라 수정체의 혼탁으로 인하여 대비감도의 저하가 발생하고 이로 인하여 색각의 판별이 어려울 수 있다.^[29] 또한 근친결혼의 허용과 같은 문화적 차이도 유병률에 영향을 줄 수 있는데 실제로 근친결혼이 허용되는 이란의 마슈하드의 색각이상 유병률은 다른 나라에 비해 높은 것으로 알려져 있다.^[27] 반면 본 연구에서 연령대에 따라 세 그룹으로 나누어 두 개 년도(2014, 2015, 2014~2015)의 유병률을 살펴보았을 때, 2014년은 30~39세가 3.3%(2.2~4.8)로 가장 높았고, 2015년은 19~29세가 3.5%(2.2~5.6)로 가장 높아 연령대에 따른 색각이상 유병률의 어떠한 경향성을 발견하지는 못하였다. 이는 본 연구에서 대상자의 연령이 19~49세로 다소 낮았기 때문에 대상자 대부분이 선천성 색각이상으로 나이가 증가할수록 많이 발생하는 안과적 질환들의 영향력이 크지 않았기 때문으로 생각한다. 본 연구에서 색각이상 종류에 따라 유병률을 분석하였을 때 제2색각이상(72.3%), 제1색각이상(16.0%), Unclassified (11.8%) 순으로 나타났으며 제3색각이상은 해당자가 없는 것을 알 수 알 수 있었다. 이전에 이란 북동부지역의 7~60세를 대상으로 색각이상의 유병률을 알아본 논문에서 청황색맹(6.96%)이 녹색맹(3.92%)이나 청색약(2.21%)에 비해 유병률이 높음을 보고하였는데,^[27] 후천성 색각이상의 주된 이유는 안질환 외에 유기용제 노출이 있으며,^[30] 후천성 색각이상에서 청색약 혹은 청색맹의 빈도가 높다는 점을 감안 할 때 본 연구의 대상자가 이러한 직업군에 대해 작업장에서 시행된 연구가 아니며, 대상자의 연령대가 낮아 대부분 선천성 색각이상이었기 때문에 이러한 결과가 나온 것으로 생각된다. 마지막으로 색각검사 시 조도와 같은 검사환경과 검사

법에 따른 영향을 생각해볼 수 있다. Stephen J 등^[31]은 Farnsworth-Munsell D-15검사법을 이용하여 색각검사를 할 경우 조도가 200~300 lux로 맞춰야 정확한 검사가 가능하다고 하였다. 기존의 거짓동색표 검사나 Nagel 색각 경검사를 포함한 대부분의 색각검사는 색각이상의 정량적 평가에 어려움이 있다고 보고되었다.^[32] 이런 이유로 2016년 미공군에서는 선천색각이상자를 선별하기 위한 전산화 색각검사를 도입하였고, 2017년에는 여기서 더 빠른 반응을 유도하도록 보완된 원뿔세포대비감도 검사를 사용하기 시작했다.^[32] Zarazagaet 등^[33]은 하나 이상의 색각검사를 사용할 것을 권장하며, 그러기 위해 검사하기 쉽고 쉽게 접근할 수 있는 색각검사가 필요하다고 주장하였다. 최근에는 나이관련황반변성 환자를 대상으로 스마트폰 기반 K-color 검사의 결과를 H-R-R 및 Ishihara 검사 결과와 비교한 연구가 있었다.^[34] 또한 검사 거리, 숙련된 검사자 등도 영향을 미칠 수 있다고 하였다.^[35,36]

한국인을 대상으로 보고된 색각이상의 선행연구는 Lee 등^[37]이 1985년 초중등학생 4,109명을 Neitz 색각경으로 검사한 결과가 있다. 그들의 결과에서 남학생과 여학생의 색각이상은 각각 5.59%와 0.46%로 본 연구의 남성 5.6%, 여성 0.2%와 유사한 결과를 보였다. Kim 등^[38]은 1987년부터 1988년까지 9,438명의 중학생을 H-R-R로 검사하여 남학생은 5.90%, 여학생은 0.44%의 색각이상 유병률을 보고하였다. 그러나, Lee 등은 대구지역, Kim 등은 서울과 대전 지역의 일부 학교에서 진행된 결과로 두 선행연구 모두 제한적인 지역에서 시행되었다. 2007년 Hahn Color Vision Test를 이용하여 초등학생 598명을 대상으로 검사된 이전연구 또한 광주지역에 국한되어 검사되었다.^[39] 가장 최근에 Kim 등^[38]은 2013년 국민건강영양조사에서 만 19~49세의 2,686명을 H-R-R 검사로 진행한 결과를 분석하여 남성은 6.5%, 여성은 1.1%의 결과를 보고하였다. 그러나, 전국적으로 보고된 유일한 결과이나 일개 년도의 분석에 불과하여 본 연구는 Kim 등^[38]이 보고한 한국인의 색각이상 유병률 결과를 뒷받침하기 위하여 시행하였다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 선천성 색각이상인지 후천성 색각이상인지 추가 검사를 포함하지 못했다. 하지만 대상연령이 19~49세로 낮으며 분석결과 모두 제1색각이상(적색각이상)과 제2색각이상(녹색각이상)이었다. 후천성 색각이상은 연령에 따라 증가하며, 청색약 혹은 청색맹의 빈도가 높다는 점을 감안 할 때 대상자는 대부분 선천성 색각이상으로 유추해 볼 수 있었다. 둘째, 한 가지의 검사법을 사용하였기 때문에 여성에서 Unclassified로 분류된 경우의 색각이상에 대한 추가검사를 시행하지 못했다. 선행연구에서 색각이상은 남성이 여성에 비해 6.08배(prevalence ratio) 높았는데 이번 연구에서 제1색각

이상이나 제2색각이상으로 분류된 여성은 없었기 때문에 성별에 따른 prevalence ratio는 제시하지 못했다. 다음 제한점으로는 스크리닝 검사로 진행되어 조도와 같은 검사 환경, 안내 검사 결과, 그리고 전체 대상자의 교정시력을 포함하지 못하였다. 본 연구에서 분석 자료로 사용한 국민건강영양조사는 3년을 주기로 국민의 전반적인 건강, 영양 상태와 그 추이에 대한 대표성과 신뢰성 있는 통계 산출을 목적으로 시행되어 이러한 부분을 포함하지 못했다. 그러나 H-R-R 검사법은 시력이 충분하지 않은 경우에 약간의 정확도는 떨어지지만 여전히 정확히 평가할 수 있다고 보고되어 본 연구의 결과는 무리가 없을 것으로 생각된다.^[36]

이러한 제한점에도 불구하고 전국 인구기반으로 조사된 국내의 색각이상 결과는 부족한 실정이다. 따라서 두 개년도의 한국인을 대표할 수 있는 국민건강영양조사 자료를 활용하여 색각이상 유병률을 분석하였다는 점에서 연구의 의의가 있겠다. 또한, 본 연구에서는 가중치 유병률을 산출하였고, 가중치 분석은 실제 모집단의 통계를 더 정확히 반영할 수 있다는 장점이 있다.^[36] 이러한 시도로 제시된 본 연구의 결과는 한국 성인남녀의 색각이상 유병률을 파악하는데 중요한 기초자료가 될 것으로 생각된다. 향후 연구에서는 시력검사를 포함하여 정확한 검사환경의 조도, 색각이상에 대한 가족력 정보를 제시하고, 한 가지 이상의 검사법으로 색각이상을 검사할 것을 제안한다.

결 론

본 연구는 총 4,941명을 대상으로 색각이상 유병률을 분석하고, 색각이상의 종류와 성별에 따른 차이를 알아보았다. 남녀 전체 대상자의 색각이상 유병률은 2014~2015년에 2.9%(95% CI, 2.4-3.6)였고, 성별에 따라서는 남자(5.6%)가 여자(0.2%)에 비해 높았다. 남자에서 색각이상은 제2색각이상이 86명(72.3%)으로 가장 많았고, 그 다음으로 제1색각이상 19명(16.0%), Unclassified 14명(11.8%) 순이었다.

REFERENCES

- [1] Fareed M, Anwar MA, Afzal M. Prevalence and gene frequency of color vision impairments among children of six populations from North Indian region. *Genes Dis.* 2015;(2): 211-218. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gendis.2015.02.006>
- [2] Simunovic MP. Colour vision deficiency. *Eye.* 2010;24(5): 747-755. DOI: <https://doi.org/10.1038/eye.2009.251>
- [3] Chan E, Mao WS. Colour-blindness among the Chinese. *Br J Ophthalmol.* 1950;34(12):744-745. DOI: <https://doi.org/10.1136/bjo.34.12.744>

- org/10.1136/bjo.34.12.744
- [4] Hahn CS. Double 15-Hue test. *J Korean Ophthalmol Soc.* 1977;18(4):385-389.
- [5] Rubin ML. Congenital defects of color vision. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol.* 1971;75(5):1091-1094.
- [6] Kim CM, Lee JS. A comparison of the results of congenital red-green color defects measured by color perception tests. *J Korean Ophthalmol Soc.* 1977;38(1):149-155.
- [7] Niroula DR, Saha CG. The incidence of color blindness among some school children of Pokhara, Western Nepal. *Nepal Med Coll J.* 2010;12(1):48-50.
- [8] Dohvoma VA, Mvogo SRE, Kagmeni G, et al. Color vision deficiency among biomedical students: a cross-sectional study. *Clin Ophthalmol.* 2018;12:1121-1124. DOI: <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S160110>
- [9] Rajavi Z, Sabbaghi H, Baghini AS, et al. Prevalence of color vision deficiency and its correlation with amblyopia and refractive errors among primary school children. *J Ophthalmic Vis Res.* 2015;10(2):130-138. DOI: <https://doi.org/10.4103/2008-322X.163778>
- [10] Sato S. Statistical observations on congenital abnormalities in colour vision in Japan. *Acta Soc Ophthalmol Jpn.* 1935;38:2227-2230
- [11] Birch J. Worldwide prevalence of red-green color deficiency. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis.* 2012;29(3):313-320. DOI: <https://doi.org/10.1364/JOSAA.29.000313>
- [12] Citirik M, Acaroglu G, Batman C, et al. Congenital color blindness in young Turkish men. *Ophthalmic Epidemiol.* 2005;12(2):133-137. DOI: <https://doi.org/10.1080/09286580590932743>
- [13] Osuobeni EP. Prevalence of congenital red-green color vision defects in Arab boys from Riyadh, Saudi Arabia. *Ophthalmic Epidemiol.* 1996;3(3):167-170. DOI: <https://doi.org/10.3109/09286589609080123>
- [14] Voke J, Voke P. Congenital dyschromatopsias among Saudi Arabians. *Saudi Med J.* 1980;1(1):209-214.
- [15] Kim HB, Lee SY, Choe JK, et al. The incidence of congenital color deficiency among Koreans. *J Korean Med Sci.* 1989;4(3):117-120. DOI: <https://doi.org/10.3346/jkms.1989.4.3.117>
- [16] Kim H, Ng JS. Prevalence of color vision deficiency in an adult population in South Korea. *Optom Vis Sci.* 2019;96(11):866-873. DOI: <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001441>
- [17] Modarres M, Mirsamadi M, Peyman GA. Prevalence of congenital color deficiencies in secondary-school students in Tehran. *Int Ophthalmol.* 1996-1997;20(4):221-222. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00175263>
- [18] Kalmus H. *Diagnosis and genetics of defective colour vision*, 1st Ed. London: Pergamon Press, 1965;14-21.
- [19] Hashemi H, Fotouhi A, Mohammad K. The tehran eye study: research design and eye examination protocol. *BMC Ophthalmol.* 2003;3:8. DOI: <https://doi.org/10.1186/1471-2415-3-8>
- [20] Cole BL, Lian KY, Lakkis C. The new richmond HRR pseudoisochromatic test for colour vision is better than the Ishihara test. *Clin Exp Optom.* 2006;89(2):73-80. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1444-0938.2006.00015.x>
- [21] Korea Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for the 6th National Health and Nutrition Examination Survey (2013-2015), 2014. https://knhanes.kdca.go.kr/knhanes/sub04/sub04_02_02.do?classType=4(10 May 2023).
- [22] Um BS. *Eye Exam*, 3rd Ed. Goyang: Naewaeaksool, 2013;105-114.
- [23] Clements F. Racial differences in color blindness. *Am J Phys Anthropol.* 1930;14(3):417-432.
- [24] Birch J. Worldwide prevalence of red-green color deficiency. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis.* 2012;29(3):313-320. DOI: <https://doi.org/10.1364/JOSAA.29.000313>
- [25] Momeni-Moghaddam H, Ng JS, Robabi H, et al. Color vision deficiency in Zahedan, Iran: lower than expected. *Optom Vis Sci.* 2014;91(11):1372-1376. DOI: <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000000393>
- [26] Woldeamanuel GG, Geta TG. Prevalence of color vision deficiency among school children in Wolkite, Southern Ethiopia. *BMC Res Notes.* 2018;11(1):838. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13104-018-3943-z>
- [27] Hashemi H, Khabazkhoob M, Pakzad R, et al. The prevalence of color vision deficiency in the northeast of Iran. *J Curr Ophthalmol.* 2017;31(1):80-85. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joco.2017.05.005>
- [28] Dain SJ. Clinical colour vision tests. *Clin Exp Optom.* 2004;87(4-5):276-293. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1444-0938.2004.tb05057.x>
- [29] Yoon YS, Lee CK, Kang SO, et al. Comparison of contrast sensitivity and color vision according to the different illumination in patients with cataract. *J Korean Ophthalmol Soc.* 2018;59(7):622-628. DOI: <https://doi.org/10.3341/jkos.2018.59.7.622>
- [30] Iregren A, Andersson M, Nylen P. Color vision and occupational chemical exposures: I. An overview of tests and effects. *Neurotoxicology.* 2002;23(6):719-733. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0161-813X\(02\)00088-8](https://doi.org/10.1016/S0161-813X(02)00088-8)
- [31] Dain SJ, Atchison DA, Hovis JK. Limitations and precautions in the use of the Farnsworth-Munsell Dichotomous D-15 test. *Optom Vis Sci.* 2019;96(9):695-705. DOI: <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001420>
- [32] Lee SH, Chin HS, Jung JW. Evaluation of the cone contrast sensitivity test in normal eyes and those with congenital color blindness. *J Korean Ophthalmol Soc.* 2021;62(2):273-279. DOI: <https://doi.org/10.3341/jkos.2021.62.2.273>
- [33] Fanlo Zarazaga A, Gutiérrez Vásquez J, Pueyo Royo V. Review of the main colour vision clinical assessment tests. *Arch Soc Esp Oftalmol (Engl Ed).* 2019;94(1):25-32. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oftal.2018.08.006>
- [34] Karampatakis V, Almaliotis D, Karamitopoulos L, et al. A novel smartphone-based color test for detection of color vision defects in age related macular degeneration. *J Ophthalmol.* 2022;9744065. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/9744065>

- [35] Melin AD, Hiramatsu C, Parr NA, et al. The behavioral ecology of color vision: considering fruit conspicuity, detection distance and dietary importance. *Int J Primatol*. 2014;35:258-287. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10764-013-9730-8>
- [36] Pandey N, Chandrakar AK, Garg ML. Tests for color vision deficiency: Is it time to revise the standards?. *Indian J Ophthalmol*. 2015;63(9):752-753. DOI: <https://doi.org/10.4103/0301-4738.170975>
- [37] Lee SM, Kwon JY. The incidence of red-green color defects among elementary and junior high school students. *J Korean Ophthalmol Soc*. 1986;27(2):211-215.
- [38] Kim HB, Lee SY, Choe JK, et al. The incidence of congenital color deficiency among Koreans. *J Korean Med Sci*. 1989;4(3):117-120. DOI: <https://doi.org/10.3346/jkms.1989.4.3.117>
- [39] Ryu GC, Yoon Y, Seoung JS. Color vision abnormality of elementary school students in Kwang Ju area. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2007;12(3):89-91.

한국 성인에서 색각이상의 전국 인구기반 연구

김효진^{1,2}, 안영주^{3,*}

¹백석대학교 안경광학과, 교수, 천안 31065

²백석대학교 보건복지대학원 안경광학과, 교수, 서울 06695

³백석문화대학교 안경광학과, 교수, 천안 31065

투고일(2023년 5월 30일), 수정일(2023년 6월 13일), 게재확정일(2023년 6월 19일)

목적: 본 연구는 한국 성인에서 색각이상 유병률을 분석하고, 색각이상의 종류와 연령 및 성별에 따른 차이를 알아보고자 하였다. **방법:** 본 인구기반 단면연구는 제6기 2~3차년도 (2014~2015년) 국민건강영양조사 자료를 이용하여 만19~49세의 총 4,941명을 대상으로 하였다. 색각검사는 거짓동색표의 Hardy-Rand-Rittle(H-R-R) 검사법을 이용하여 양안으로 시행되었다. Protan 항목의 정답률이 높은 경우 제1색각이상(적색각이상), Deutan 항목의 정답률이 높은 경우 제2색각이상(녹색각이상), 정답률이 같거나 모두 정상일 경우 기타이상으로 분류하였다. **결과:** 색각이상의 유병률은 2014년 2.9%(95% CI: 2.2, 3.8), 2015년 3.0%(95% CI: 2.2, 3.9), 2014~2015년 2.9%(95% CI: 2.4, 3.6)였다. 성별에 따른 색각이상 유병률은 2014~2015년에 남자가 5.6%(95% CI: 4.6, 6.8)로 여자 0.2%(95% CI: 0.1, 0.6)에 비해 높았다($p<0.001$). 색각이상의 종류에 따른 유병률은 남자에서 제2색각이상이 86명(72.30%)으로 가장 많았으며 제1색각이상 19명(16.00%), Unclassified 14명(11.80%) 순이었고, 여자에서는 Unclassified가 3명(100.00%)이었다. **결론:** 전국 인구기반 성인남녀를 대상으로 분석된 색각이상의 유병률은 남성이 높고 제1색각이상이 가장 높은 비율을 보였고, 본 연구의 결과는 한국인의 색각이상 유병률을 파악하는데 중요한 기초자료가 될 것으로 생각된다.

주제어: 색각이상, 제1색각이상, 제2색각이상, 거짓동색표, 하디-랜드-리틀