

선천색각이상에서 나겔색각경과 파른워스-문셀100색상검사의 비교

A Comparison of Nagel Anomaloscope and Farnsworth Munsell 100-hue in Congenital Color Vision Deficiency

김종우 · 진희승 · 정지원

Jong Woo Kim, MD, Hee Seung Chin, MD, PhD, Ji Won Jung, MD

인하대학교 의과대학 안과학교실

Department of Ophthalmology, Inha University School of Medicine, Incheon, Korea

Purpose: To compare the classification and severity of congenital color vision deficiency using a Nagel anomaloscope and Farnsworth Munsell 100-hue Test (FM 100-hue).

Methods: A total of 394 eyes of 197 patients diagnosed with congenital color vision deficiency were included. Examinations using a Nagel anomaloscope and FM 100-hue were performed, and color vision abnormalities were classified as a protan color defect or deutan color defect by each test, and the degrees of color vision abnormalities were compared.

Results: The tests showed 64.3% ($p < 0.001$) agreement in the classification of color vision deficiencies. The Nagel anomaloscope was able to classify all cases, whereas 143 eyes (36.3%) could not be classified using the FM 100-hue test. In the case of the same type of color vision abnormality in both eyes, 196 cases (99.5%) using the Nagel anomaloscope and 111 cases (56.3%) using the FM 100-hue were observed. Regarding the degree of color defect, there was a moderate positive correlation between the two tests ($r = 0.43$; $p < 0.001$). There were no significant differences in the total error scores between mild anomalous trichromacy and severe anomalous trichromacy as assessed using FM 100-hue ($p = 0.087$).

Conclusions: The Nagel anomaloscope was a more appropriate test for discerning the degree of color defect and binocular classification. In severity assessments, there was a moderate positive correlation between the two test methods. However, there were no significant differences in the total error scores between mild anomalous trichromacy and severe anomalous trichromacy as assessed using FM 100-hue. Therefore, it was difficult to perform severity classification using the Nagel anomaloscope based on the total error score of the FM 100-hue test.

J Korean Ophthalmol Soc 2020;61(1):101-106

Keywords: Congenital Color vision Deficiency, Nagel Anomaloscope, Farnsworth Munsell 100-Hue

사람의 눈에는 약 7백만 개의 원뿔세포(cone cell)와 1억 3천만 개의 막대세포(rod cell)가 있는데 원뿔세포로 자세한

모양과 색상을 인지하며, 막대세포로 명암을 구별한다. 색상의 인지는 원뿔세포에 존재하는 시색소에 광자가 흡수됨으로써 일어나는데 색각이상이 없는 정상인은 가시광선 파장의 서로 다른 부분의 빛을 흡수하는 세 가지 원뿔세포를 가진다.¹⁾

선천색각이상은 선천적으로 세 가지 원뿔세포 중 어느 한 가지가 없거나 기능이 불완전한 상태를 말하는데 두 가지 원뿔세포만 존재하는 경우를 색맹(dichromacy)이라고 하고, 세 가지 원뿔세포가 모두 존재하지만 한 가지 원뿔세포의 기능이 불완전한 경우를 색약(anomalous trichromacy)

■ Received: 2019. 7. 12. ■ Revised: 2019. 7. 25.

■ Accepted: 2019. 12. 30.

■ Address reprint requests to **Ji Won Jung, MD**
Department of Ophthalmology, Inha University Hospital,
#27 Inhang-ro, Jung-gu, Incheon 22332, Korea
Tel: 82-32-890-2400, Fax: 82-32-890-2417
E-mail: panch325@hanmail.net

* Conflicts of Interest: The authors have no conflicts to disclose.

© 2020 The Korean Ophthalmological Society

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

이라고 한다.² 하지만 실제로는 색약과 색맹의 구별이 어려운 점이 많아 최근에는 이러한 분류를 잘 사용하지 않으며, 심한 정도에 따라 약도, 중등도, 고도로 분류하고 이상이 있는 원추세포에 따라 제 1 이상(적색 계열), 제 2 이상(녹색 계열), 제 3 이상(청색 계열)로 분류할 수 있다.³

나겔색각경은 적색광과 녹색광을 적당히 혼합하면 색채와 명도에 있어서 표준 황색광과 동일하게 인식되는 원리를 이용한 검사로 색각이상을 진단하는 데 가장 표준검사로 사용되고 있다.⁴ 파른워스-문셀100색상검사(Farnsworth Munsell 100-hue, FM 100-hue)는 색상배열검사 중 하나로 다양한 색상을 포함하고 있어 제 1, 2, 3 색각이상을 모두 발견할 수 있으며 후천성 색각이상의 미세한 이상을 찾아 내거나 경과 및 치료 효과를 판정하는 데 많이 이용되고 있다.^{5,6}

한국에서 색각이상은 항공 직종, 해운 직종, 소방 직종, 경찰 공무원 등 여러 직업 군에서 채용 기준으로 사용하고 있다. 항공 직종의 색각이상에 대한 채용 기준의 경우 색각 경검사에서 고도 색각이상이면 부적합으로 판정, 약도 혹은 중도의 색각이상인 경우 조건 부적합으로 판정하며 해운 직종의 경우 정상 또는 색약(약도)이어야 채용 가능하다. 또한 소방 직종의 경우 색맹 또는 적색약(약도를 제외한다)이 아니어야 채용 가능하며, 경찰 공무원의 경우 색각 이상(약도 색각이상은 제외한다)이 아니어야 채용 가능하다. 이처럼 색각이상은 종류 및 정도에 따라 여러 직업 군에서 채용 여부가 결정되기 때문에 색각이상의 정확한 분류 및 정도 판정은 중요하다. 이에 본 연구에서는 선천색각 이상으로 내원한 환자를 대상으로 색각이상 분류의 표준검사인 나겔색각경과 정도 판정에 있어서 유용한 FM 100-hue 검사를 시행하고 두 검사를 이용한 색각이상의 분류 및 정도 판정의 결과를 비교하고자 하였다.

대상과 방법

본 연구는 임상시험윤리위원회의 승인을 받은(승인 번호: 2019-07-022) 후향적 연구로 2007년 1월부터 2017년 12월까지 인하대학교병원 안과에서 선천색각이상을 진단 받은 한국인 197명, 394안을 대상으로 하였다. 선천색각이상은 이시하라 검사상 색각이상이 있으면서 가족력이 없고 이미 예전에 선천색각이상으로 판별되어 자신이 선천색각 이상임을 알고 있는 사람으로서 스넬렌시력이 20/40 이상 이면서 협조가 잘 되는 환자들을 대상으로 하였다. 색각에 영향을 주는 중추신경계 질환이나 약물 복용, 기질적 안질환이 있거나 협조가 잘되지 않거나 6세 이하의 어린이는 제외하였다.

색각검사는 이시하라검사, 나겔색각경, FM 100-hue 검사를 시행하였다. 이시하라검사는 매뉴얼에 제시된 대로 시행하였고, 정상 범위는 오답 수 5개 이하로 정한 뒤 총 오답 수를 계산하였다. 나겔색각경에서 색각이상 분류와 등급 판정은 혼색나사의 눈금이 40일 때 단색나사의 눈금이 15 근처에 오고, 혼색나사의 눈금이 0일 때 단색나사의 눈금이 30 근처에 오고, 혼색나사 눈금이 73일 때 단색나사 눈금이 4 근처에 올 경우를 제 1색맹, 혼색나사 눈금이 40-73 이내의 범위에서 증가함에 따라 상응하는 단색 나사 눈금이 감소할 경우 제 1색약, 제 1색약에서 혼색 나사의 눈금이 73일 때에도 상하 반원의 색과 명도가 일치할 경우 고도 제 1색약이라 정의하고 혼색나사 눈금이 0, 40, 73 모두에서 단색나사 눈금이 15 근처일 경우 제 2색맹, 혼색나사 눈금이 0-40 사이의 범위 내에 있고 상응하는 단색나사 눈금이 15 근처에서 상하 반원의 색과 명도가 일치할 때 제 2색약, 제 2색약에서 혼색나사의 눈금이 0일 때에도 상하 반원의 색과 명도가 일치할 때 고도 제 2색약이라고 정의하였다(Table 1).⁴ FM 100-hue 검사는 밝은 실내에서 자연

Table 1. Interpretation of color vision defects by type on Nagel anomaloscope⁴ and FM 100-hue⁶

Defect type	Nagel anomaloscope (Monochromatic scale and Mixture scale)	FM 100-hue (Position of central cap defining the axis of confusion)
Protan color defect		14-24 and 62-70
Protanomaly	Monochromatic scale decreases as mixture scale increases within the range of 40 to 73	
Extreme protanomaly	Protanomaly with mixture scale 73 fits to monochromatic scale 4	
Protanopia	Mixture scale 0 fits to monochromatic scale 30 and mixture scale 73 fits to monochromatic scale 4	
Deutan color defect		12-20 and 56-61
Deuteranomaly	Monochromatic scale is 15 as mixture scale within the range of 0 to 40	
Extreme deuteranomaly	Deuteranomaly with mixture scale 0 fits to monochromatic scale 15	
Deuteranopia	Mixture scale 0 and 73 fits to monochromatic scale 15	

FM 100-hue = Farnsworth Munsell 100-hue.

광이 비치는 책상에 앉아서 4개의 나무상자 속에 무질서하게 흐트러진 색패를 순서대로 배열하게 하여 그 결과를 분석하였다. 피검자가 배열한 순서대로 검사지에 기록한 뒤 색각이상의 정도는 총 오차 점수를 이용하였고 색각이상의 종류는 축으로 결정하였다(Table 1).⁶

나겔색각경과 FM 100-hue 검사의 색각이상 분류의 일치도를 Pearson chi-squared test를 이용하여 확인하였으며, 나겔색각경검사 결과를 바탕으로 약도 색약, 고도 색약, 색맹 총 3개의 군으로 구분한 뒤 FM 100-hue 검사의 총 오차 점수와 상관성을 평가하기 위해 Spearman 상관분석을 시행하였고, Mann-Whitney U test를 이용하여 각 군에서의 FM 100-hue 검사의 총 오차 점수의 차이를 확인하였다.

결 과

전체 대상은 197명(남자 195명, 여자 2명)으로 평균연령은 28.5세(13-67세)였다. 나겔색각경에서 제 1 색각이상을 보인 경우는 137안(34.8%)으로 약도 색약 61안(44.5%), 고도 색약 9안(6.6%), 색맹 67안(48.9%)이었고 제 2 색각이상을 보인 경우는 257안(65.2%)으로 약도 색약 94안(36.6%), 고도 색약 74안(28.8%), 색맹 89안(34.6%)이었다. FM 100-hue 검사에서 제 1 색각이상을 보인 경우는 97안(24.7%)으로 총 오차 점수는 평균 154.5 ± 81.3 이었고, 제 2 색각이상을 보인 경우는 206안(52.3%)으로 총 오차 점수는 평균 140.5 ± 84.7 이었으며, 분류 불가능한 경우는 91안(23.0%)이었다. 이시하라 검사의 총 오차 점수의 평균은 7.4 ± 3.6 개였다(Table 2). 전체 대상 197명 중 양안이 같은 종류의 색각이상을 보인 경우는 나겔색각경의 경우 196명(99.5%)이었고, FM 100-hue 검사의 경우 111명(56.3%)이었다. 색각이상 분류에 있어서 나겔색각경과 FM 100-hue 검사는 전체 대상에서 64.3% ($p<0.001$)의 일치도를 보였으며(Table 3), 나겔색각경검사서 약도 색약으로 진단된 색각이상안을 대상으로 하였을 때는 50.3% ($p<0.001$), 고도 색약으로 진단된 색각이상안을 대상으로 하였을 때는 72.3% ($p<0.001$),

색맹으로 진단된 색각이상안을 대상으로 하였을 때는 73.7% ($p<0.001$)의 일치도를 보였다.

나겔색각경에서 약도 색약, 고도 색약, 색맹으로 색각이상 정도가 심해짐에 따라 FM 100-hue 검사의 총 오차 점수도 증가하는 경향을 보였는데 전체 대상안에서는 중증도의 양의 상관성을 보였고($r=0.43$, $p<0.001$) (Fig. 1), 제 1 색각이상안을 대상으로 하였을 때는 비교적 낮은 양의 상관성을 보였으며($r=0.22$, $p=0.01$), 제 2 색각이상안을 대상으로 하였을 때는 비교적 높은 양의 상관성을 보였다($r=0.55$, $p<0.001$). 나겔색각경에서 약도 색약으로 진단된 대상안과 고도 색약으로 진단된 대상안 사이 FM 100-hue 검사의 총 오차 점수는 유의한 차이를 보이지 않았지만($p=0.087$), 약도 색약과 색맹 사이, 고도 색약과 색맹 사이에는 각각 FM 100-hue 검사의 총 오차 점수가 유의한 차이를 보였다($P<0.001$, $p<0.001$) (Fig. 1).

Table 2. Clinical variables in CVD

Variable	n = 197 (eyes = 394)
Age (years)	28.5 ± 9.8 (13-67)
Sex	
Male	195 (99.0)
Female	2 (1.0)
Ishihara color test	7.4 ± 3.6 (0-14)
Anomaloscope (eyes)	
Protan color defect	137 (34.8)
Deutan color defect	257 (65.2)
Non specific defect	0
FM 100-hue (eyes)	
Protan color defect	97 (24.7)
Deutan color defect	206 (52.3)
Non specific defect	91 (23.0)

Values are presented as mean ± standard deviation (range) or number (%).

CVD = Congenital color vision deficiency; FM 100-hue = Farnsworth Munsell 100-hue.

Table 3. Correspondence of CVD Classification between Anomaloscope & FM 100-hue in total CVD

Number of eyes		FM 100-hue			Total
		Protan	Deutan	Non specific	
Anomaloscope	Protan	75 (19.1)	28 (7.1)	34 (8.6)	137 (34.8)
	Deutan	22 (5.6)	178 (45.2)	57 (14.4)	257 (65.2)
	Non specific	0	0	0	0
	Total	97 (24.7)	206 (52.3)	91 (23.0)	394 (100)

Values are presented as number (%).

CVD = Congenital color vision deficiency; FM 100-hue = Farnsworth Munsell 100-hue; Protan = Protan color defect; Deutan = Deutan color defect.

고 찰

선천색각이상은 후천색각이상과 여러 가지 차이점이 있다. 선천색각이상은 대부분 열성 반성유전을 하고 출생 시부터 존재하며 양안의 종류와 정도가 동일하고 남성에게 많은 특성을 가진다. 또한 대부분 적록 색각이상이고 일생에 걸쳐 색각이상의 종류와 정도가 변하지 않으며 전색맹을 제외하고는 시력과 시야는 정상이다.⁷ 반면 후천색각이상은 망막, 시신경, 대뇌피질에 생기는 다양한 질병에 의해 발생하는 색각이상으로 선천색각이상과는 달리 양안에 나타나는 색각이상의 정도가 다르고 단안에서도 시야의 범위에 따라 차이가 있을 수 있으며 경과에 따라 더 나빠지거나 좋아질 수 있다.¹

선천색각이상의 유병률은 남성의 경우 전 세계 인구의 약 8%, 여성의 경우 약 0.5%에서 선천색각이상을 보이는 것으로 알려져 있다.² 제 1 색각이상과 제 2 색각이상의 비를 이전 연구에서 살펴보면, 미국의 경우 1:3.25,⁸ 일본의 경우 1:3.18⁹로 보고되었으나 한국의 경우 1:2.64¹⁰로 비교적 제 2 색각이상의 비율이 낮게 보고되었다. 본 연구에서도 제 1 색각이상과 제 2 색각이상의 비가 1:1.88 (나겔색각경), 1:2.12 (FM 100-hue)로 비교적 제 2 색각이상의 비가 낮은 결과를 보였다.

우리나라에서 색각이상은 항공 직종, 해운 직종, 소방 직종, 경찰 공무원 등 여러 직업 군에서 채용 기준으로 사용하고 있어 정확한 분류 및 정도 판정은 중요하다. 특히 소방 직종의 채용 기준에서는 제 1 색각이상을 보다 엄격한 기준으로 포함하고 있기 때문에 색각이상의 정확한 분류는

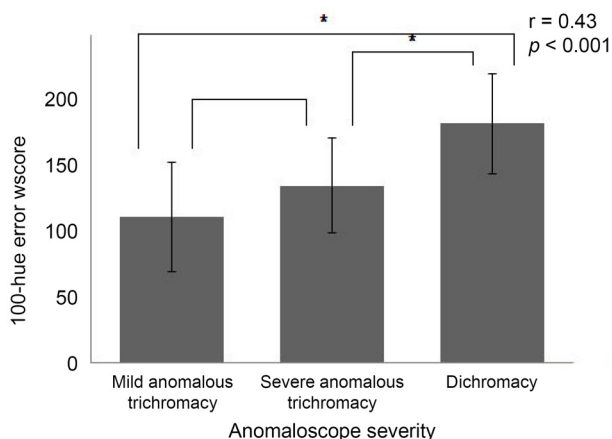


Figure 1. Correlation between Anomaloscope severity & FM 100-hue score. Bars indicate averaged FM 100-hue score in each group. Error bars indicate standard deviations. *Statistically significant difference between parameters ($p < 0.05$). Spearman rank correlation ($r = 0.43$, $p < 0.001$).

중요하다. Vingrys et al¹¹은 선천색각이상의 분류에 있어서 FM 100-hue 검사가 비교적 제한점이 많은 검사로 보고하였는데, 선천색각이상에서 FM 100-hue 검사는 나겔색각경과 21.0%에서 색각이상의 분류가 불일치하였으며 분류가 불가능한 경우가 21.1%로 보고하였다. 본 연구에서도 나겔색각경과 FM 100-hue 검사는 색각이상 분류에 있어서 비교적 낮은 일치도(64.3%)를 보였으며, 나겔색각경의 경우 색각이상 분류가 불가능한 경우는 없었으나 FM 100-hue 검사의 경우 23.0%에서 색각이상 분류가 불가능하였다. 또한 양안의 색각이상 분류 일치도에서 나겔색각경은 99.5%에서 일치하였지만 FM 100-hue 검사는 56.3%에서만 일치하였다. 따라서 색각이상의 종류를 정확히 구분할 수 있고 대부분 양안이 같은 종류의 색각이상을 보인다는 선천색각이상의 특징을 고려했을 때 FM 100-hue 검사는 선천색각이상의 분류에 있어서 비교적 적합하지 않은 검사로 생각해 볼 수 있다.

색각이상의 정도 판정의 경우 몇몇 직업 군에서 약도 색약까지를 합격 기준으로 사용하고 있기 때문에 색각이상의 정확한 정도 판정 역시 중요하다. Birch¹²는 선천색각이상의 색약과 색맹 판정에 있어서 FM 100-hue 검사의 총 오차 점수는 나겔색각경의 중증도 판정과 양의 상관성을 보였으나, 정확도가 떨어지고 재현성이 낮아 정확한 판정에 어려움이 있는 것으로 보고하였다. 본 연구에서도 나겔색각경의 중증도 분류와 FM 100-hue 검사의 총 오차 점수 사이에는 유의한 양의 상관성을 보였지만 상관관계가 높지 않았다($r=0.43$, $p<0.001$). 또한 나겔색각경으로 분류한 약도 색약과 색맹 사이 그리고 고도 색약과 색맹 사이에는 FM 100-hue 검사의 총 오차 점수가 유의한 차이를 보였지만 약도 색약과 고도 색약 사이에는 FM 100-hue 검사의 총 오차 점수가 유의한 차이를 보이지 않았다. 때문에 본 연구의 결과로 FM 100-hue 검사의 총 오차 점수를 이용하여 나겔색각경의 분류 체계에 따른 약도 색약, 고도 색약, 색맹으로 중증도를 판정하기에는 다소 어려움이 있을 것으로 생각된다. 본 연구에서 두 검사 사이 중증도 분류는 제 1 색각이상만을 대상으로 하였을 때가 제 2 색각이상만을 대상으로 하였을 때보다 더욱 낮은 양의 상관성을 보였는데($r=0.22$), 본 연구의 제 1색각이상안은 약도 색약 61안, 고도 색약 9안, 색맹 67안으로 비교적 각 분류에 해당하는 대상안 수가 부족하여 본 연구의 결과로 상관관계를 비교하기에는 어려움이 있다고 생각한다.

1907년 Nagel에 의해 고안된 색각경과 1949년 Farnsworth에 의해 고안된 FM 100-hue 검사는 현재까지 색각이상의 분류 및 중증도 판정에 있어서 표준적인 검사로 사용되고 있다. 하지만 나겔색각경은 피검자가 검사를 이해하지 어

렵고 그 결과를 해석하기 어려운 것으로 알려져 있으며,⁴ FM 100-hue 검사는 다양한 색상을 포함하며 정량적 평가가 가능하지만 시간이 오래 걸리고 색약과 색맹을 구분할 수 없는 단점이 있다.^{5,6} 최근 두 검사의 단점을 극복하고자 색각이상에 대한 새로운 검사 방법들이 소개되고 있다. Shin et al^{13,14}은 컴퓨터 환경에 맞게 새로 개발된 가성동색상표 색각검사를 소개하였는데, 선천색각이상의 진단에 있어서 민감도가 높았으며 분류에 있어서 나겔색각경과 높은 일치도를 보였고, 전산화된 검사로서 향후 편리하고 빠르게 색각이상을 진단하고 분류하는 데 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대하였다. Rabin et al¹⁵은 세 가지 원뿔세포를 유형별로 자극하는 원리를 기반으로 하는 전산화원뿔세포검사를 소개하였는데 검사 시간이 비교적 빠르고 색각이상 분류에 있어서 색각경검사와 유사한 민감도와 특이도를 보였으며 색각이상의 중증도에 대한 정량적 평가를 시행할 수 있는 검사로 보고하였다. de Fez et al¹⁶은 휴대용 테블릿 컴퓨터 화면을 이용하여 색구별의 임계값을 측정하는 색각검사(optopad)를 소개하였는데 다른 색각검사보다 휴대성이 좋으며 검사가 비교적 간편하다는 장점이 있고 민감도가 이시하라 검사와 유사하며 색각이상안에서 색구별의 임계값이 FM 100-hue의 총 오차 점수와 상관관계가 있음을 보고하였다. 하지만 이처럼 새롭게 소개된 색각이상 검사들은 표준적인 검사로 사용하기에는 아직 연구가 부족하기 때문에 나겔색각경, FM 100-hue 검사와 같은 표준적인 색각검사를 대체하기에는 어려움이 있을 것으로 생각된다.

결론적으로 선천색각이상환자에서 색각이상 분류의 표준검사인 나겔색각경과 정량적인 중증도 판정에 있어서 유용한 FM 100-hue 검사를 시행해본 결과, 나겔색각경과 FM 100-hue 검사는 색각이상 분류에 있어서는 비교적 낮은 일치도를 보였으며 색각이상 분류 불가능 정도와 양안 분류 일치도를 고려했을 때 나겔색각경이 보다 적합한 검사임을 생각해 볼 수 있었다. 또한 정도 판정에 있어서는 두 검사 사이 높지 않은 상관성을 보였고 나겔색각경으로 분류한 약도 색약과 고도 색약 사이에 FM 100-hue 총 오차 점수가 유의한 차이를 보이지 않아, FM 100-hue 검사의 총 오차 점수를 이용하여 나겔색각경검사의 분류 체계에 따른 중증도 판정을 시행하기에는 어려움이 있다고 생각하며 해석에

주의할 필요가 있을 것으로 생각한다.

REFERENCES

- 1) Swanson WH, Cohen JM. Color vision. *Ophthalmol Clin North Am* 2003;16:179-203.
- 2) Pokorny J, Smith VC, Verriest G, Pinckers AJLG. *Congenital and Acquired Color Vision Defects*. New York: Grune & Stratton, 1979; 120-5.
- 3) Um BS. *Eye exam*, 3rd ed. Vol. 1. Goyang: Naewae-haksool, 2013; 105-14.
- 4) Nam MH, Son MS. Nagel's anomaloscope examination for subdivision of 100 cases of congenital color defects. *J Korean Ophthalmol Soc* 1980;21:511-5.
- 5) Cooper H, Bener A. Application of a laserjet printer to plot the Farnsworth-Munsell 100-hue color test. *Optom Vis Sci* 1990;67: 372-6.
- 6) Smith VC, Pokorny J, Pass AS. Color-axis determination on the Farnsworth-Munsell 100-hue test. *Am J Ophthalmol* 1985;100:176-82.
- 7) Foster DH. *Vision and visual dysfunction: inherited and acquired colour vision deficiencies*, 1st ed. Vol. 7. London: Pan Macmillan, 1991; 32-45.
- 8) Thuline HC. Color-vision defects in american school children. *JAMA* 1964;188:514-8.
- 9) Sato S. Statistical observations on congenital abnormalities in colour vision in Japan. *Acta Soc Ophthalmol Jpn* 1935;38:2227-30.
- 10) Jeong HW, Ahn CS. A comparison of the types of color defects measured by the hahn color vision test and neitz anomaloscope OT. *J Korean Ophthalmol Soc* 1990;31:1084-8.
- 11) 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;12:38-45.
- 12) Birch J. Use of the Farnsworth-Munsell 100-hue test in the examination of congenital colour vision defects. *Ophthalmic Physiol Opt* 1989;9:156-62.
- 13) Shin YJ, Choi SY, Park KH, et al. The classification of congenital color vision deficiency by SNU computerized color test. *J Korean Ophthalmol Soc* 2004;45:2099-104.
- 14) Shin YJ, Choi SY, Park KH, et al. The discrimination between congenital and acquired color vision defects by computerized color vision test. *J Korean Ophthalmol Soc* 2005;46:125-32.
- 15) Rabin J, Gooch J, Ivan D. Rapid quantification of color vision: the cone contrast test. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52:816-20.
- 16) de Fez D, Luque MJ, Matea L, et al. New iPad-based test for the detection of color vision deficiencies. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2018;256:2349-60.

= 국문초록 =

선천색각이상에서 나겔색각경과 파른워스-문셀100색상검사의 비교

목적: 선천색각이상에서 나겔색각경과 파른워스-문셀100색상검사(Farnsworth Munsell 100-hue, FM 100-hue)의 색각이상의 분류 및 정도 판정을 비교하고자 하였다.

대상과 방법: 선천색각이상을 진단 받은 한국인 197명, 394안을 대상으로 하였다. 나겔색각경과 FM 100-hue 검사를 시행하고 각 검사로 색각이상을 분류하고 색각이상 정도를 비교하였다.

결과: 두 검사는 색각이상 분류에 있어서 64.3% ($p<0.001$)의 일치도를 보였는데 나겔색각경에서 분류 불가능한 경우는 없었으나 FM 100-hue 검사에서는 143안(36.3%)에서 분류가 불가능하였다. 양안이 같은 종류의 색각이상을 보인 경우는 나겔색각경의 경우 196명 (99.5%), FM 100-hue 검사의 경우 111명(56.3%)이었다. 정도 판정에 있어서는 두 검사법 사이 중증도의 양의 상관성을 보였는데 ($r=0.43$, $p<0.001$), 나겔색각경으로 분류한 약도 색약과 고도 색약 사이에는 FM 100-hue 검사의 총 오차 점수가 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.087$).

결론: 선천색각이상의 분류에 있어서 분류 불가능 정도와 양안 분류 일치도를 고려했을 때 나겔색각경이 더욱 적합한 검사로 생각해 볼 수 있다. 중증도 판정에 있어서는 두 검사 사이 높지 않은 상관성을 보였으며, 나겔색각경으로 분류한 약도 색약과 고도 색약 사이에 FM 100-hue 총 오차 점수가 유의한 차이를 보이지 않아 FM 100-hue 검사의 총 오차 점수를 이용하여 나겔색각경검사의 분류 체계에 따른 중증도 판정을 시행하기에는 어려움이 있을 것으로 생각된다.

〈대한안과학회지 2020;61(1):111-106〉

김종우 / Jong Woo Kim

인하대학교 의과대학 안과학교실
Department of Ophthalmology,
Inha University School of Medicine

