

당뇨망막병증 환자에서 무색 인공수정체안과 황색 착색 인공수정체안의 대조민감도 및 색각 비교

임경오¹ · 김태진¹ · 이주화²

인제대학교 의과대학 서울백병원 안과학교실¹, 인제대학교 의과대학 상계백병원 안과학교실²

목적: 당뇨망막병증 환자를 대상으로 무색 인공수정체와 황색착색 인공수정체 삽입 안의 대조민감도 및 색각 기능을 비교하고자 한다.
대상과 방법: 비증식당뇨망막병증 환자에서 백내장 수술을 시행 받은 25명의 50안을 대상으로 하였다. 한쪽 눈에는 무색 인공수정체를 삽입하고 반대쪽 눈에는 황색착색 인공수정체를 삽입하였다. 수술 후 3개월째에 vision contrast test system을 이용한 대조민감도 검사 및 Farnsworth-Munsell 100-hue test를 이용한 색각 검사를 시행하였다.
결과: 두 인공수정체의 대조민감도는 중등도 비증식당뇨망막병증에서 6.0 cycles per degree, 심한 비증식당뇨망막병증에서 12.0 cycles per degree를 제외한 모든 공간주파수에서 유의한 차이를 보였다. 색각 검사 결과 total error score는 세 당뇨병군에서 유의한 차이가 없었으나 이에 비해 청황 색각축 error score의 경우 세 군 모두에서 유의한 차이를 보여주었다.
결론: 당뇨망막병증에서 황색착색 인공수정체는 무색 인공수정체보다 더 나은 대조 민감도를 보였고, 청황 색각축에서 색각을 향상한다. (대한안과학회지 2012;53(2):238-245)

대비(contrast)란 휘도(brightness)와 암소(darkness)의 비율로 대비감도는 공간내의 인접한 물체 또는 면적 사이에 존재하는 명시도 차이를 감지해내는 능력으로 sine wave grating system이므로 문자보다 3-5배 정도 더 민감하다. 보다 넓은 망막의 기능을 나타내며 광학적 혼탁과 망막감도 모두를 측정해서 시력상 나타나지 않는 안 매체에서 망막과 시층주까지 시조직을 침범하는 거의 모든 변화를 인지해 낼 수 있다.¹ 정상안의 대비감도는 중모양으로 중간 공간주파수에서 가장 높고, 고 공간주파수와 저 공간주파수에서는 떨어지는데 저 공간주파수는 큰 대상에 대한 감도를, 고 공간주파수는 작은 대상에 대한 감도를 측정한다.²

또한 인간의 색상 인지는 원추세포에 포함된 광색소에 의해 광자를 흡수함으로써 일어난다. 정상적인 사람은 망막 내에 세 가지 원추세포 즉 L, M, S 원추세포를 가진다.³ 이 세포들은 가시 파장의 파장 영역에 따라 서로 다른 부분의 빛을 흡수한다. S 원추세포들은 청색소, M 원추세포

들은 녹색소, L 원추세포들은 적색소에 더 민감하다. 당뇨병 환자는 S 원추세포(S cones) 장애가 있을 것으로 추정되며,^{4,5} 제3색약성 후천 색각 이상을 나타내는 경우도 있다.⁶⁻⁸ 이는 당뇨망막병증의 정도와 연관 관계에 있는 것으로 알려졌다.⁸

망막이상에 의한 색각 결함은 청황 색각축 이상을 동반한 청색각이상자와 비슷한 양상을 보인다.⁹ 이 현상을 설명하기 위해 다음 기전들이 소개되었다. 첫째, 갈색백내장, 유리체 출혈, 노화된 유리체, 황색의 망막하 삼출물, 그리고 망막색소상피세포의 망막으로의 이동은 단파장여과 광학매체로 역할을 한다.¹⁰ 둘째, 인간의 원추세포중 약 9%만 청색에 민감하며 소수의 S 원추세포의 손상으로 의미 있는 변화를 일으킬 수 있다.^{11,12} 셋째, S 원추세포는 L, M 원추세포에 비해 반응 범위도 좁다.^{11,13,14} 마지막으로 청색에 민감한 S 원추세포가 망막 스트레스에 더 민감하다.^{9,15}

당뇨병 환자에서 색각 손상은 종종 망막증에 선행하여 나타난다.¹⁶ 당뇨병환자에게 Farnsworth Munsell (FM) 100-hue test를 이용한 여러 색각 연구에서 정상군에 비해 error score가 증가되며^{17,18} 당뇨망막병증 환자의 대부분이 색각 손상이 있다. 이전 연구에서 당뇨병환자는 66.5-70.0% 사이에서 청황 색각축을 포함하는 특정 색각 손상과 연관이 있고^{17,19} 여러 논문에서 당뇨병 환자에게 망막병증이 없거나 경미하여도 청황 색각축 손상이 발

■ 접수 일: 2011년 4월 6일 ■ 심사통과일: 2011년 7월 16일
■ 게재허가일: 2011년 12월 2일

■ 책임저자: 이 주 화
서울시 노원구 동일로 1342
상계백병원 안과
Tel: 02-950-1096, Fax: 02-935-6904
E-mail: joohlee@paik.ac.kr

* 본 논문의 요지는 2009년 대한안과학회 제102회 학술대회에서 포스터로 발표되었음.

견되며²⁰⁻²³ 청황 색각축이 적녹 색각축보다 더 취약하다고 제시하였다.²⁴

정상안에서 각막과 수정체는 주위의 자외선을 흡수하며 이에 따라 400 nm 이하의 단파장이 망막에 도달하는 양은 미미하다. 300 nm 이하의 자외선은 주로 각막에서 흡수되며 300-400 nm의 자외선은 주로 수정체에서 흡수된다.²⁵ 청시증을 유발하는 청색광은 가시광선 중에서 400-500 nm 정도의 단파장 영역의 광선이며 이는 기계적 작용, 열 작용, 광화학적 작용에 의해 망막에 장애를 줄 수 있다.²⁶⁻³⁰ 백내장 수술을 받고 기존의 자외선 흡수제가 들어있는 무색 인공수정체를 삽입하는 경우 청색광이 망막에 달하는 양은 젊은 성인의 약 10배가 된다. 또한 눈부심은 자외선 흡수성 인공수정체를 통과한 단파장 영역의 가시광선이 수술 후 생겨난 염증 세포에 의해 산란되어 나타나는 것으로 알려졌다.³¹ 백내장 수술 후 인공수정체를 삽입한 눈에서 청색광이 망막에 도달하게 되면 망막색소상피세포의 손상과 황반의 변성을 촉진한다.^{32,33} 그리하여 망막 색소상피 세포의 손상과 황반변성을 방지하기 위한 목적으로 자외선을 흡수하는 기존 무색 인공수정체에 청색광 차단을 추가하기 위한 여러 가지 시도들이 이루어져 왔다. 그러한 노력의 일환으로 청색광을 여과할 수 있는 황색착색 인공수정체가 개발되었다. Sparrow et al³⁴은 황색착색 인공수정체는 청색광으로부터 리포푸신을 함유한 망막색소상피세포를 보호하고 황반 변성의 진행 및 위험성을 감소시킨다고 보고하였다. 황색착색 인공수정체는 청색광의 흡수를 위해 황색의 필터를 가지고 있으며 여러 연구에 의하면 대조민감도 증가, 색 수차 효과 감소, 휘도 증가와 같이 무색 인공수정체에 비해 유리한 효과를 가지고 있는 것으로 알려졌다.³⁵⁻³⁹ 그러나 황색착색 인공수정체가 색각 이상을 유발한다는 보고도 있다.^{40,41} 본 연구는 당뇨망막병증 환자에서 백내장 수술 후 황색착색 인공수정체(AcrySof Natural[®], NA60AT, Alcon Laboratories, Inc., Fort Worth, TX, USA)와 무색 인공수정체(AcrySof[®], SA60AT, Alcon Laboratories, Inc.) 간에 대조민감도 및 색각 기능을 비교해 보고자 하였다.

대상과 방법

양안에 각각 같은 정도의 비증식당뇨망막병증으로 진단된 환자 중 Lens Opacities Classification System III 분류상 Grade 2-3의 핵 경화도의 노인성 백내장을 진단받고 상계백병원 안과에서 백내장 수술을 받은 환자들 중 이전 한쪽 25안에 무색 인공수정체가 삽입된 환자의 25명의 50안을 대상으로 하였다. 수술 시 이들 환자의 반대쪽 25

안에 황색착색 인공수정체를 삽입하였다. 본 연구와 관련된 모든 검사는 병원 연구 윤리위원회의 연구 승인을 받은 후 한사람의 검사자에 의해서 환자에게 설명하고 동의를 얻은 후 실시하였다. 당뇨망막병증의 정도는 Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS)에서 나눈 기준으로 가벼운, 중등도, 심한 비증식당뇨망막병증으로 분류하였고,⁴² 백내장 외에 다른 안과적 질환이 있는 경우, 매우 심한 비증식당뇨망막병증으로 진단된 경우, 눈 속 수술의 과거력이 있거나 눈 속 레이저 치료의 과거력이 있는 경우, 양안 당뇨망막병증의 차이가 있는 경우, 심한 매체 혼탁으로 안저검사가 불가능했던 경우는 연구에서 제외하였다. 모든 환자들은 백내장 수술 전 시력과 안압측정(Goldmann tonometer), 세극등현미경검사, 안저검사, 초음파검사, 각막만곡도검사, SRK II 공식을 이용한 인공수정체 도수검사(A scan) 및 굴절검사 등을 실시하였다. 백내장 수술은 숙련된 2인의 술자에 의해 같은 방법으로 시행되었으며 수술 전 산동을 위해 2.5% phenylephrine (2.5% Mydrin[®], Alcon)과 1% tropicamide(오큐트로픽[®], 삼일제약, 서울, 한국)를 사용하였다. 수술 방법은 0.5% 프로파라케인 점안제(Alcaine[®], Alcon)로 국소마취를 시행한 후 5% povidone iodine으로 소독하고 평형염액으로 결막과 각막을 세척한 후 이측부 각막 윤부에 투명 소절개(3.2 mm)후 연속적 원형 전낭절개술 시행하였으며 수정체 유화술 시 Millenium 초음파수술기구(Storz, St. Louis, USA)를 사용하였다. 낭 내 남은 물질을 세척 및 흡입으로 제거하고 인공수정체를 삽입하였다. 수술 중, 수술 후 합병증은 발생하지 않았으며, 모든 경우에서 인공 수정체는 낭 내에 위치하였다. 수술 후 levofloxacin (Cravit[®], Santen, Japan)과 prednisolone acetate 1% (Pred Forte[®], Allergan, USA)를 하루 4회, 2주간 점안하였고 수술 후 1, 2주, 1, 2, 3개월째 외래진료를 시행하였으며, 수술 후 3개월째 모든 환자의 최대교정시력은 0.8 이상이 었다.

이상의 50안을 대상으로 수술 후 3개월째 대조민감도와 색각검사를 시행하였다. 대조민감도는 vision contrast test system (VCTS6500)을 이용하여 측정하였으며 교정을 시행한 상태에서 한쪽 안씩 시행하였다. 대비 감도 시표는 서로 다른 5개의 공간주파수(1.5, 3, 6, 12, 18 cpd)로 각각의 주파수마다 8개의 줄무늬원이 대비감도가 점점 낮게 되어있다. 줄무늬는 좌우로 15°로 기울어져 있거나 수직으로 되어 있으며 좌측에서 우측으로 읽어서 두 번의 부정확한 대답 이전의 마지막 정확한 대답의 대비를 그 주파수에서의 최대 대비감도로 하였다. 검사 시 3 m 거리, 85 cd/m²의 밝기에서 일정하게 시행하였고 측정은 동

Table 1. Contrast sensitivity value key

Frequency	Contrast sensitivity value							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1.5 (cpd)	3	7	12	20	35	70	120	170
3.0 (cpd)	4	9	15	24	44	85	170	220
6.0 (cpd)	5	11	21	45	70	125	185	260
12.0 (cpd)	5	8	15	32	55	88	125	170
18.0 (cpd)	4	7	10	15	26	40	65	90

cpd = cycles per degree.

Table 2. Demographic characteristics of the patients

Parameter	Yellow IOL	Clear IOL	<i>p</i> -value
Astigmatism (diopter)	0.74 ± 0.47	0.66 ± 0.49	0.420
Best corrected visual acuity (log MAR)	0.040 ± 0.07	0.036 ± 0.06	0.788
Spherical equivalent (diopter)	0.24 ± 1.25	0.34 ± 1.05	0.580
IOL power (diopter)	21.56 ± 2.20	21.76 ± 1.96	0.195

Values are presented as mean ± SD.

Yellow IOL = yellow-tinted intraocular lens; Clear IOL = clear intraocular lens; *p*-value = paired *t*-test.

일 검사자가 3회 반복하였으며 각각의 공간주파수에서 얻어진 대조민감도 검사 결과는 contrast sensitivity value key를 이용해 검사수치를 대비감도로 환산하여 통계처리하였다(Table 1).

색각 검사는 대조민감도 검사시행 후 30분 가량의 휴식을 취한 후 FM 100-hue test를 이용하여 85 cd/m²의 밝기에서 이루어졌으며 4개의 나무상자 속에 무질서하게 흐트러진 색패를 순서대로 배열하게 하여 그 결과를 분석하였다.

노인 등은 색각 이상의 유무나 정도에 관계없이 검사시간이 늦어지는 경향이 있었으며 시간의 제한을 두지는 않았다. 매번 검사 시 기준 색패를 기준으로 환자가 나열한 색패의 번호를 배열하여 그 오차를 계산하고(정상일 경우 1점) 오차를 더한 값으로 error score를 산정(정상일 경우 2점), 그 값에서 2를 뺀 값을 합하여 total error score를 산출하였다. 본 연구와 관련된 모든 검사는 한 사람의 검사자에 의해서 환자에게 설명하고 동의를 얻은 후 실시하였다. 이상의 과정을 통해 얻은 자료를 바탕으로 통계학적인 분석은 SPSS/PC 10.0 (Windows, SPSS, Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였으며 그룹 간 비교 시 paired *t*-test, one-way ANOVA로 분석하였고, *p* 값이 0.05 미만일 경우 통계학적으로 유의한 것으로 간주하였다.

결 과

전체 대상 환자는 25명(50안)으로 연령분포는 63.1 ± 3.9세였으며, 남자 14명, 여자 11명이었다. 50안 모두 수술 중 특별한 문제가 발생하지 않았고 검사 시기는 수술 후 3개월째로 동일하였다. 황색착색 인공수정체와 무색

인공수정체 삽입 안 사이에 최대교정시력, 각막난시도, 구면 수차 및 인공수정체 도수에 유의한 차이는 관찰되지 않았다(Table 2).

대조민감도의 경우 각각 5개의 공간주파수에 대하여 대상군 모두에서 mean contrast sensitivity를 계산하였다. 중등도 비증식당뇨망막병증이 있는 당뇨군에서 황색착색 인공수정체안과 무색 인공수정체안을 비교할 때 mean contrast sensitivity는 6.0 cycles per degree (cpd)의 주파수에서만 두 군 간에 유의한 차이를 보였고, 각각 76.11, 58.89였다(*p*<0.05). 심한 비증식당뇨망막병증이 있는 당뇨군에서는 12.0 cpd의 주파수를 제외한 모든 영역에서 mean contrast sensitivity의 유의한 차이가 발견되는데, 1.5 cpd에서는 33.13, 25.63, 3.0 cpd에서는 69.63, 49.13, 6.0 cpd에서는 54.38, 42.13, 18 cpd에서는 19.13, 13.75였다(*p*<0.05) (Fig. 1).

FM 100-hue test 시행 결과 황색착색 인공수정체안과 무색 인공수정체안을 비교할 때 total error score는 가벼운, 중등도, 심한 비증식당뇨망막병증 당뇨군에서 유의한 차이가 없었으나(*p*>0.05), 이에 비해 blue-yellow axis error score의 경우 세 당뇨군 모두에서 유의한 차이를 보여주었다(*p*<0.05) (Fig. 2).

대조민감도와 FM 100-hue test를 두 인공수정체 안에서 당뇨망막병증 정도에 따라 세 군 간의 일원배치분산 분석을 시행하여 보았다. mean contrast sensitivity의 경우 두 인공수정체안에서 모든 주파수에서 당뇨망막병증이 심해질수록 감소하는 양상을 보였고, 황색착색 인공수정체안의 1.5 cpd의 주파수를 제외한 모든 주파수에서 당뇨망막병증의 정도에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있었고

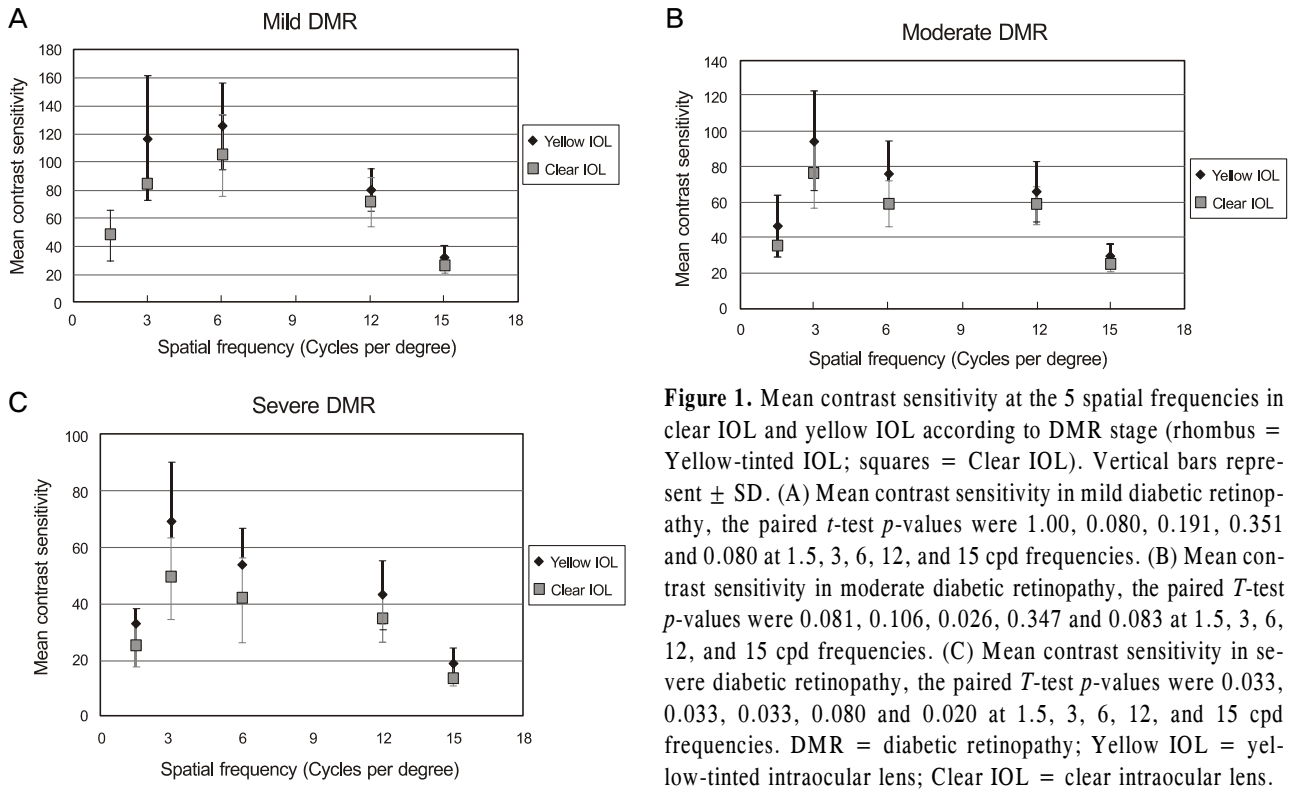


Figure 1. Mean contrast sensitivity at the 5 spatial frequencies in clear IOL and yellow IOL according to DMR stage (rhombus = Yellow-tinted IOL; squares = Clear IOL). Vertical bars represent \pm SD. (A) Mean contrast sensitivity in mild diabetic retinopathy, the paired *t*-test *p*-values were 1.00, 0.080, 0.191, 0.351 and 0.080 at 1.5, 3, 6, 12, and 15 cpd frequencies. (B) Mean contrast sensitivity in moderate diabetic retinopathy, the paired *T*-test *p*-values were 0.081, 0.106, 0.026, 0.347 and 0.083 at 1.5, 3, 6, 12, and 15 cpd frequencies. (C) Mean contrast sensitivity in severe diabetic retinopathy, the paired *T*-test *p*-values were 0.033, 0.033, 0.033, 0.080 and 0.020 at 1.5, 3, 6, 12, and 15 cpd frequencies. DMR = diabetic retinopathy; Yellow IOL = yellow-tinted intraocular lens; Clear IOL = clear intraocular lens.

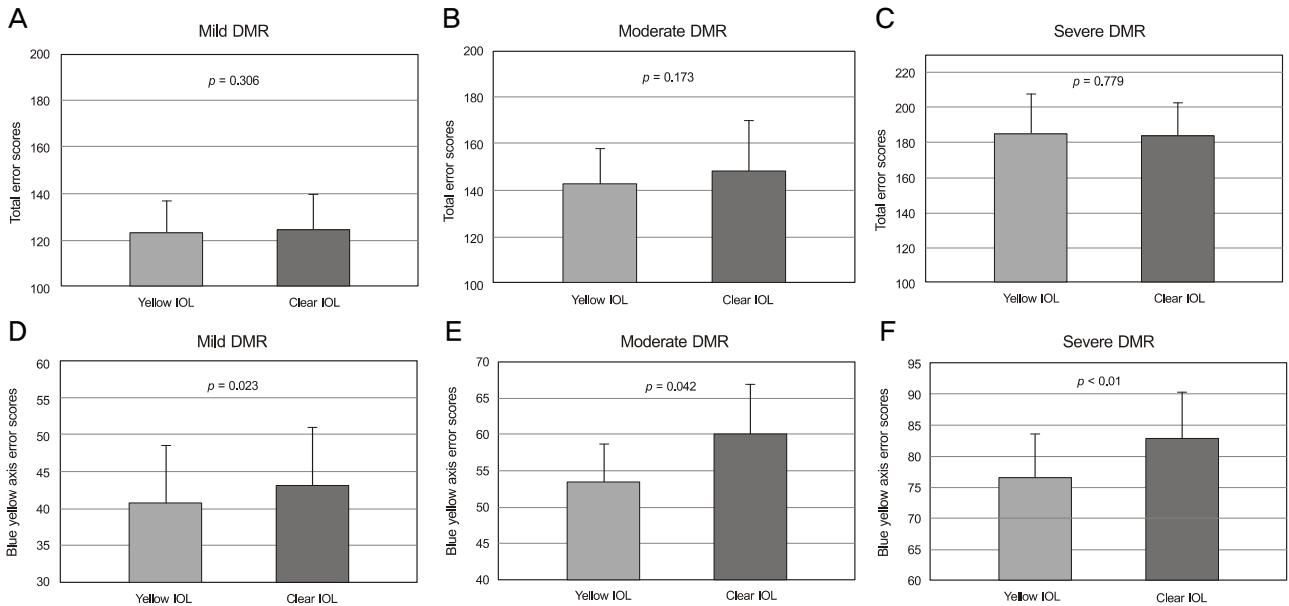


Figure 2. Average scores (mean and SD) of the Farnsworth-Munsell 100-hue test for both intraocular lens according to diabetic retinopathy. A,B,C = total error scores; D,E,F = blue yellow axis error scores. DMR = diabetic retinopathy; Yellow IOL = yellow-tinted intraocular lens; Clear IOL = clear intraocular lens; *p* = paired *t*-test *p*-value.

($p < 0.05$) (Table 3), total error score와 blue-yellow axis error score 경우에서도 두 인공수정체안 모두에서 당뇨병망막병증의 정도에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$) (Table 4).

고 찰

당뇨병 환자에서 대조민감도 변화가 망막병증 여부나 경중도와 반드시 연관이 있는 것은 아니지만,⁴³⁻⁴⁵ Trick et al⁴⁶은 대조민감도 손상이 당뇨병 환자에서 망막병증이

Table 3. Contrast sensitivity according to the stage of diabetic retinopathy

DMR stage		Contrast sensitivity at various cycles per degree				
		1.5	3.0	6.0	12.0	15.0
Clear IOL	Mild DMR	48.13 ± 18.11	85.00	104.38 ± 28.47	71.50 ± 17.64	27.75 ± 4.95
	Moderate DMR	35.00	75.89 ± 18.08	58.89 ± 13.18	58.67 ± 11.00	24.78 ± 3.67
	Severe DMR	25.63 ± 7.76	49.13 ± 14.50	42.13 ± 15.63	34.87 ± 8.13	13.75 ± 2.31
	<i>p</i> -value	<i>p</i> < 0.01	<i>p</i> < 0.01	<i>p</i> < 0.01	<i>p</i> < 0.01	<i>p</i> < 0.01
Yellow IOL	Mild DMR	48.13 ± 18.11	116.88 ± 43.99	125.62 ± 30.76	79.75 ± 15.28	33.00 ± 7.48
	Moderate DMR	46.67 ± 17.50	94.44 ± 28.33	76.11 ± 18.33	66.00 ± 16.50	29.11 ± 6.17
	Severe DMR	33.13 ± 5.30	69.63 ± 21.22	54.38 ± 12.94	43.50 ± 12.29	19.13 ± 5.69
	<i>p</i> -value	0.108	0.027	<i>p</i> < 0.01	<i>p</i> < 0.01	<i>p</i> < 0.01

Values are presented as mean ± SD.

DMR = diabetic retinopathy; Yellow IOL = yellow-tinted intraocular lens; Clear IOL = clear intraocular lens; *p*-value = one-way ANOVA *p*-value.

Table 4. Farnsworth-Munsell 100-hue test according to the stage of diabetic retinopathy

DMR stage		Total error scores	Blue-yellow axis error scores
Clear IOL	Mild DMR	124.50 ± 14.97	43.00 ± 8.11
	Moderate DMR	148.56 ± 21.15	59.89 ± 6.88
	Severe DMR	183.25 ± 18.99	83.00 ± 7.27
	<i>p</i> -value	<i>p</i> < 0.01	<i>p</i> < 0.01
Yellow IOL	Mild DMR	123.50 ± 13.50	40.75 ± 7.78
	Moderate DMR	142.78 ± 14.96	53.33 ± 5.32
	Severe DMR	184.75 ± 22.91	76.63 ± 6.99
	<i>p</i> -value	<i>p</i> < 0.01	<i>p</i> < 0.01

Values are presented as mean ± SD.

DMR = diabetic retinopathy; Yellow IOL = yellow-tinted intraocular lens; Clear IOL = clear intraocular lens; *p*-value = one-way ANOVA *p*-value.

없는 경우는 24.3%, 망막병증이 있을 때는 45% 정도로 더 많이 관찰되며 망막증의 유무와 관계없이 당뇨병환자는 중간공간주파수에서 대비감도가 저하된다고 하였다. Kim et al⁴⁷은 망막증이 없는 당뇨군은 고공간주파수에서, 비증식당뇨망막병증이 있는 군은 모든 공간주파수에서 대비감도의 저하가 나타난다고 하였다. Arend et al⁴⁸은 초기 당뇨망막병증 환자에서 대비감도를 측정하고 결과 정상인과 비교하여 6과 12 cpd에서 대비감도가 의미 있게 떨어지며 이런 대비감도의 저하는 황반 주변의 혈관망의 변화와 밀접한 관련이 있음을 보고하였다.

본 연구에서는 두 인공수정체 사이에 최대 교정 원거리 대조민감도를 평가할 때, paired-*T* 검정 결과 중등도 비증식당뇨망막병증에서 6.0 cpd, 심한 비증식당뇨망막병증에서 12.0 cpd를 제외한 모든 공간주파수에서 유의한 차이를 보였다(Fig. 1). 당뇨망막병증 진행 정도에 따라 일원배치분산 분석 결과 황색착색 인공수정체안의 1.5 cpd의 주파수를 제외한 모든 주파수에서 당뇨망막병증의 정도에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있었다(Table 3). 초기 당뇨망막병증에서 황색 착색 인공수정체는 무색 인공수정체보다 대조민감도가 대략 10% 증가되었고 모든

공간주파수에서 대조민감도 수치가 의미 있게 증가하였고 보고한 Rodriguez-Galietero et al⁴⁹과는 결과가 상이하였으나 이 연구에서는 당뇨망막병증 평가를 funduscopy에 의존하였기 때문에 대상군 선별에 있어 차이가 있을 것으로 생각한다. 이와 같이 황색 착색 수정체는 당뇨망막병증이 진행할수록 대조민감도에 효과적이며, 대조민감도 저하가 있는 당뇨망막병증에서 도움이 될 수 있을 것으로 생각한다.

색각 검사와 관련해 본 연구 결과 두 인공수정체 모두 당뇨망막병증이 진행할수록 total error score, 청황 색각축의 error score가 증가하였지만(Table 4), 두 인공수정체의 total error score에서 통계적으로 유의한 차이를 발견하지 못했다(Fig. 2A, B, C). 그러나, 청황 색각축의 error score에서 두 인공수정체 사이에 유의한 차이점을 발견하였다(Fig. 2D, E, F). 이는 기존의 보고와 일치하며,¹⁹ 청색광에 민감한 원추세포가 9% 밖에 없다는 것과 관련이 있을 수 있다. 즉, S 원추세포의 기능 감소가 청황 색각축의 색 인지에 영향을 줄 것이며, 황색 착색 인공수정체는 청황 색 인지를 향상시킬 것으로 추정된다.

Mester et al⁵⁰은 중등도조명시각에서 황색착색 인공수

정체에서 청색 인지가 1년 동안 감소하였고, 명소시의 상태에서는 6개월 이상 감소한다고 보고하였다. 하지만 이들 측정치 모두에서 total error scores는 정상범위에 있었고, 색각이 손상된 환자는 없었다. 일부 최근 연구에서 명소시의 상태에서 무색 인공수정체와 황색착색 인공수정체에서 색각 검사는 차이가 없으나 수술 1주, 2개월, 3개월 후에 중등도 조명시각에서 황색 착색 인공수정체에서 청색 및 청녹색의 색분별 오류가 더 많았다. 하지만 이들 연구 역시 두 인공수정체 간의 전체 색분별이나 중등도조명시에서의 불편함은 차이는 없었다.⁵¹⁻⁵³

AcrySof Natural은 400-500 nm 사이에서 청색광 투과를 감소시키며, 이는 인간 수정체의 단파장 투과율과 비슷하다.⁵⁴ 즉 AcrySof Natural은 청색광의 일부 파장만 흡수한다. Rayleigh 법칙에 따르면 산란된 빛의 세기는 파장의 4제곱에 반비례한다.⁵⁵ 황색착색 인공수정체는 자외선뿐만 아니라 400-500 nm의 빛을 차단하여 빛의 산란을 감소시켜 눈부심을 감소시키고 대비감을 증가시킬 수 있다.

본 연구는 검사에 포함된 환자 수가 적어서 당뇨병망막증 정도에 따른 대비감도 및 색각의 범위 및 특성과의 정확한 상관 관계를 규명하지 못하였고, 당뇨군과 정상군의 비교가 없었다는 점, 색각 및 대조민감도검사 시 빛간섭단층촬영을 이용한 두 군 간에 황반 두께의 정량적 비교가 없었다는 점, 그리고 대조민감도검사를 명소시의 상태와 최대 교정 원거리로 국한했다는 점 등이 한계점으로 생각된다.

이상의 결과로 보아, 당뇨병망막병증 환자에서 S 원추세포 기능의 변화는 황색 착색 인공수정체 사용함으로써 향상시킬 수 있으며, 만약 이러한 변화가 기능적이고 가역적이라면, 청색광 필터가 S 원추세포 신경 기능을 자극하여 대조민감도와 청황 색각축의 색각을 향상시킬 수 있을 것으로 생각한다. 즉, 청색광 필터는 색 구분 저하의 원인이 아니고, 청황 색각축에서 색각을 향상시키므로 이는 당뇨병 환자에 있어 인공수정체 종류의 선택 시 고려되어야 할 것으로 생각한다.

참고문헌

- 1) Comerford JP. Vision evaluation using contrast sensitivity functions. *Am J Optom Physiol Opt* 1983;60:394-8.
- 2) Campbell FW, Green DG. Optical and retinal factors affecting visual resolution. *J Physiol* 1965;181:576-93.
- 3) Swanson WH, Cohen JM. Color vision. *Ophthalmol Clin North Am* 2003;16:179-203.
- 4) Davies N, Morland A. Extent of foveal tritanopia in diabetes mellitus. *Br J Ophthalmol* 2003;87:742-6.
- 5) Volbrecht VJ, Schneck ME, Adams AJ, et al. Diabetic short-wavelength sensitivity: variations with induced changes in blood glucose level. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1994;35:1243-6.
- 6) Thompson DG, Howarth F, Levy IS. Colour blindness, a hazard to diabetics. *Lancet* 1978;1:44.
- 7) Thompson DG, Howarth F, Taylor H, et al. Defective colour vision in diabetes: a hazard to management. *Br Med J* 1979;1:859-60.
- 8) Francois J, Verriest G. Acquired dyschromatopsia. *Ann Ocul (Paris)* 1957;190:812-59.
- 9) Cho NC, Poulsen GL, Ver Hoeve JN, Nork TM. Selective loss of S-cones in diabetic retinopathy. *Arch Ophthalmol* 2000;118:1393-400.
- 10) Gastaud P, Vola J, Saracco JB, et al. Diabetic dyschromatopsia: pathogenetic hypothesis. In: Verriest G, ed. *Colour Vision Deficiencies VIII*. Dordrecht: Martinus Nijhoff/Dr W. Junk Publishers, 1987;387-90.
- 11) Hood DC, Benimoff NI, Greenstein VC. The response range of the blue-cone pathways: a source of vulnerability to disease. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1984;25:864-7.
- 12) Mollon JD. What is odd about the short-wavelength mechanism and why is it disproportionately vulnerable to acquired damage? Report of a discussion. In: Verriest G, ed. *Colour Vision Deficiencies VI*. The Hague: Dr W. Junk Publishers, 1982;145-9.
- 13) Farnsworth D. Tritanomalous vision as a threshold function. New London, Conn: U.S. Naval Medical Research Laboratory, Submarine Base, 1956;185-97.
- 14) Greenstein VC, Hood DC, Campbell CJ. The use of a flash - on - flash paradigm to assess sensitivity changes due to retinal disease. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1982;23:102-12.
- 15) Nork TM, Millecchia LL, Strickland BD, et al. Selective loss of blue cones and rods in human retinal detachment. *Arch Ophthalmol* 1995;113:1066-73.
- 16) Kessel L, Alsing A, Larsen M. Diabetic versus non-diabetic colour vision after cataract surgery. *Br J Ophthalmol* 1999;83:1042-5.
- 17) Ayed S, Jeddi A, Kallal Z. Diabetes and color vision disorder detected by the Farnsworth 100 Hue test. *Diabetic dyschromatopsia*. *J Fr Ophthalmol* 1990;13:506-10.
- 18) Utku D, Atmaca LS. Farnsworth-Munsell 100-hue test for patients with diabetes mellitus. *Ann Ophthalmol* 1992;24:205-8.
- 19) Muntoni S, Serra A, Mascia C, Songini M. Dyschromatopsia in diabetes mellitus and its relation to metabolic control. *Diabetes Care* 1982;5:375-8.
- 20) Trick GL, Burde RM, Gordon MO, et al. The relationship between hue discrimination and contrast sensitivity deficits in patients with diabetes mellitus. *Ophthalmology* 1988;95:693-8.
- 21) Roy MS, Gunkel RD, Podgor MJ. Color vision defects in early diabetic retinopathy. *Arch Ophthalmol* 1986;104:225-8.
- 22) Hardy KJ, Lipton J, Scase MO, et al. Detection of colour vision abnormalities in uncomplicated type 1 diabetic patients with angiographically normal retinas. *Br J Ophthalmol* 1992;76:461-4.
- 23) Green FD, Ghafour IM, Allan D, et al. Colour vision of diabetics. *Br J Ophthalmol* 1985;69:533-6.
- 24) Bresnick GH, Condit RS, Palta M, et al. Association of hue discrimination loss and diabetic retinopathy. *Arch Ophthalmol* 1985;103:1317-24.
- 25) Andley U. Photooxidative stress. In: Albert DM, Jakobiec FA, eds. *Principles and Practice of Ophthalmology: Clinical Practice*. Philadelphia: WB Saunders, 1994;417-36.
- 26) Lanum J. The damaging effects of light on the retina. Empirical findings, theoretical and practical implications. *Surv Ophthalmol*

- 1978;22:221-49.
- 27) Yoon HM, Jang Y, Kim JS, Ji NC. An ultrastructural study of recovery of photoreceptor layer from visible light-induced damage. *J Korean Ophthalmol Soc* 1993;34:678-86.
- 28) Ham WT Jr, Mueller HA, Sliney DH. Retinal sensitivity to damage from short wavelength light. *Nature* 1976;260:153-5.
- 29) Sperling HG, Johnson C, Harwerth RS. Differential spectral photic damage to primate cones. *Vision Res* 1980;20:1117-25.
- 30) Lawwill T. Three major pathologic processes caused by light in the primate retina: a search for mechanisms. *Trans Am Ophthalmol Soc* 1982;80:517-79.
- 31) Ishida M, Sato H, Yanashima K, et al. Improving contrast sensitivity with the UVCY (Hoya) intraocular lens under glare conditions. *Folia Ophthalmol Jpn* 1993;44:399-405.
- 32) Ham WT Jr, Mueller HA, Ruffolo JJ Jr, et al. Basic mechanisms underlying the production of photochemical lesions in the mammalian retina. *Curr Eye Res* 1984;3:165-74.
- 33) Ham WT Jr, Ruffolo JJ Jr, Mueller HA, et al. Histologic analysis of photochemical lesions produced in rhesus retina by short-wavelength light. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1978;17:1029-35.
- 34) Sparrow JR, Miller AS, Zhou J. Blue light-absorbing intraocular lens and retinal pigment epithelium protection in vitro. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:873-8.
- 35) Yap M. The effect of a yellow filter on contrast sensitivity. *Ophthalmic Physiol Opt* 1984;4:227-32.
- 36) Kinney JA, Schlichting CL, Neri DF, Kindness SW. Reaction time to spatial frequencies using yellow and luminance-matched neutral goggles. *Am J Optom Physiol Opt* 1983;60:132-8.
- 37) Kelly SA. Effect of yellow-tinted lenses on brightness. *J Opt Soc Am A* 1990;7:1905-11.
- 38) Sivak JG, Bobier WR. Effect of a yellow ocular filter on chromatic aberration: the fish eye as an example. *Am J Optom Physiol Opt* 1978;55:813-7.
- 39) Wolffsohn JS, Cochrane AL, Khoo H, et al. Contrast is enhanced by yellow lenses because of selective reduction of short-wavelength light. *Optom Vis Sci* 2000;77:73-81.
- 40) Kuyk TK, Thomas SR. Effect of short wavelength absorbing filters on Farnsworth-Munsell 100 Hue test and hue identification task performance. *Optom Vis Sci* 1990;67:522-31.
- 41) de Fez D, Luque MJ, Viqueira V. Enhancement of contrast sensitivity and losses of chromatic discrimination with tinted lenses. *Optom Vis Sci* 2002;79:590-7.
- 42) Fundus photographic risk factors for progression of diabetic retinopathy. ETDRS Report number 12. Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Research Group. *Ophthalmology* 1991;98(5 Suppl):823-33.
- 43) Della Sala S, Bertoni G, Somazzi L, et al. Impaired contrast sensitivity in diabetic patients with and without retinopathy: a new technique for rapid assessment. *Br J Ophthalmol* 1985;69:136-42.
- 44) Sokol S, Moskowitz A, Skarf B, et al. Contrast sensitivity in diabetics with and without background retinopathy. *Arch Ophthalmol* 1985;103:51-4.
- 45) Ghafoor IM, Foulds WS, Allan D, McClure E. Contrast sensitivity in diabetic subjects with and without retinopathy. *Br J Ophthalmol* 1982;66:492-5.
- 46) Trick GL, Burde RM, Gordon MO, et al. The relationship between hue discrimination and contrast sensitivity deficits in patients with diabetes mellitus. *Ophthalmology* 1988;95:693-8.
- 47) Kim HG, Yoo CS, Huh W. Hue discrimination and contrast sensitivity deficits in diabetic subjects with and without retinopathy. *J Korean Ophthalmol Soc* 1991;32:274-80.
- 48) Arend O, Remky A, Evans D, et al. Contrast sensitivity loss is coupled with capillary dropout in patients with diabetes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997;38:1819-24.
- 49) Rodríguez-Galietero A, Montés-Micó R, Muñoz G, Albarrán-Diego C. Blue-light filtering intraocular lens in patients with diabetes: contrast sensitivity and chromatic discrimination. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:2088-92.
- 50) Mester U, Holz F, Kohnen T, et al. Intraindividual comparison of a blue-light filter on visual function: AF-1 (UY) versus AF-1 (UV) intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:608-15.
- 51) Neumaier-Ammerer B, Felke S, Hagen S, et al. Comparison of visual performance with blue light-filtering and ultraviolet light-filtering intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:2073-9.
- 52) Wang H, Wang J, Fan W, Wang W. Comparison of photochromic, yellow, and clear intraocular lenses in human eyes under photopic and mesopic lighting conditions. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:2080-6.
- 53) Ao M, Chen X, Huang C, et al. Color discrimination by patients with different types of light-filtering intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:389-95.
- 54) Ernest PH. Light-transmission-spectrum comparison of foldable intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:1755-8.
- 55) van den Berg TJ. Light scattering by donor lenses as a function of depth and wavelength. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997;38:1321-32.

=ABSTRACT=

Contrast Sensitivity and Color Vision Comparison Between Clear and Yellow-Tinted Intraocular Lens in Diabetic Retinopathy

Kyung O Lim, MD¹, Tai Jin Kim, MD¹, Joo Hwa Lee, MD²

*Department of Ophthalmology, Seoul Paik Hospital, Inje University College of Medicine¹, Seoul, Korea
Department of Ophthalmology, Sanggye Paik Hospital, Inje University College of Medicine², Seoul, Korea*

Purpose: To compare contrast sensitivity and color vision after implantation of a clear intraocular lens (IOL) and a yellow-tinted IOL in diabetic retinopathy patients.

Methods: In the 50 eyes of 25 diabetic patients with non-proliferative diabetic retinopathy, clear IOLs were implanted in 25 eyes, and yellow-tinted IOLs were implanted in 25 fellow eyes. Three months after the surgery, contrast sensitivity function was measured with a vision contrast test system, and color discrimination was tested using the Farnsworth Munsell 100-hue test.

Results: Eyes implanted with yellow-tinted IOLs had significant differences in contrast sensitivity values compared to those of fellow eyes implanted with clear IOLs in both the moderate diabetic retinopathy group (6.0 cycles per degree) and the severe diabetic retinopathy group (throughout all spatial frequencies except 12.0 cycles per degree). The yellow-tinted IOL did not modify chromatic discrimination compared with that of the clear IOL. In the blue-yellow axis error score, however, there were significant differences between the clear IOL and the yellow-tinted IOL.

Conclusions: With progressing diabetic retinopathy, the yellow-tinted IOL provided better contrast sensitivity than the clear IOL. The yellow-tinted IOL improved color vision in the blue-yellow chromatic axis without causing chromatic discrimination defects.

J Korean Ophthalmol Soc 2012;53(2):238-245

Key Words: Color vision test, Contrast sensitivity test, Diabetic retinopathy, Yellow-tinted intraocular lens

Address reprint requests to **Joo Hwa Lee, MD**

Department of Ophthalmology, Sanggye Paik Hospital
#1342 Dongil-ro, Nowon-gu, Seoul 139-707, Korea

Tel: 82-2-950-1096, Fax: 82-2-935-6904, E-mail: joohlee@paik.ac.kr