

Effect of Aberrations and Contrast Sensitivity due to the Amount of Astigmatism on Vision

Bong-Hwan Kim*, Seon-Hee Han, Seon-Mi Park, A-Hyeon Jeon, Hee-Moon Park,
Jae-Hwan Yoo, and Seung-Hee Ryu

Dept. of Optometry, Choonhae College of Health Science, Ulsan 44965, Korea
(Received April 28, 2017: Revised June 1, 2017: Accepted June 21, 2017)

Purpose: This study was the effect of aberrations and contrast sensitivity due to the amount of astigmatism on vision. **Methods:** 44 patients (males: 29, females: 15) of the mean age $21.0(\pm 1.2)$ years without ocular disease were examined. The aberration was measured with a Wave-Front Analyzer KR-1W(TOPCON) instrument and the contrast sensitivity was measured with a Contrast Sensitivity Chart (HDC-9000N/PF, Huvitz). **Results:** High-order aberrations showed a significant difference with increasing astigmatism, and were not significantly different by differences of astigmatism axis. Contrast sensitivity was a significantly different according to the amount of astigmatism but it was not significant according to the astigmatism axis. Contrast sensitivity in astigmatism correction also was significantly different between spherical equivalent(S.E) correction and correction by cylinder lenses. Contrast sensitivity in same spatial frequency was also significantly different between SE correction and correction by cylinder lenses. **Conclusions:** The contrast sensitivity was affected by the amount of astigmatism and the astigmatic correction method. The contrast sensitivity was not influenced by the astigmatism axis. And it needs to improve the quality of vision by raising the contrast sensitivity with accurate astigmatism correction.

Key words: Astigmatism, High-order aberrations, Contrast sensitivity, Astigmatism axis, Astigmatic correction, Vision

서론

난시란 외계의 물점에서 나온 광선이 안광학계에 의해서 굴절한 후 안내에서 점 결상을 하지 않고 전초선, 최소 착란원, 후초선으로 결상되는 눈의 이상 상태를 말한다.^[1] 난시가 있으면 눈이 쉽게 피로하고 머리가 아프고 눈에 충혈도 생기며 심하면 메스껍기도 하다. 즉 안정 피로 증상이 흔히 나타난다.^[2]

고위 수차는 시력의 질적인 부분을 방해하는 중요한 요인이 되므로 고위 수차의 측정은 시력의 질적인 부분을 설명하는데 많이 사용되고 있으며 지금까지 고위 수차의 상관관계와 관련된 많은 연구 결과들이 발표되고 있다.^[3,4] 수차의 측정 방식은 Hartmann-Shack 방식, Tscherning or Ray tracing 방식, Automated retinoscopy 방식을 이용한 방법으로 나뉜다. 최근 많이 사용되고 있는 Hartmann-Shack 방식은 불투명한 원판에 많은 구멍을 뚫어서 미소 렌즈(microlens)를 집결시킨 렌슬릿 배열(lenslet array)을 시켜 이들 구멍을 통해 여러 광선다발로 평행한 광선이

망막을 향해 직진하고, 망막을 반사한 광선이 다시 되돌아왔을 때, 망막을 향한 빛과 망막을 통해 나온 빛의 어긋남을 이용해 왜곡된 파면을 만들 수 있게 된다. 고위 수차는 이 어긋남을 제르니케(zernike) 다항식을 이용해 계산을 해서 수치화한 것을 이용하여 측정된다. 고위 수차는 저위 수차와 다르게 안경이나 콘택트렌즈로 교정이 되지 않는다고 알려져 있으며 각막과 수정체에 의해 대부분 생겨나게 되며 우리 눈의 모든 수차 중 15% 정도를 차지한다.^[5,6]

대비 감도(contrast sensitivity)는 시체계에서 하나의 물체와 그 배경 사이를 구별할 수 있는 능력으로 정의하고 있다. 우리가 보는 물체는 주변의 배경과 다양한 대비를 이루고 있으며 환경이나 눈의 질환 등의 요인에 의해 보이는 선명도가 달라진다. 따라서 낮은 대비나 다양한 공간 주파수에 대한 시력검사가 필요하므로 대비 감도 검사를 시행한다.^[7] 공간 대비는 형태나 물체의 존재를 묘사하는 상의 경계나 모서리의 밝고 어두움의 이행에 대한 물리적 크기이다. 대비 감도는 사람이 시표를 보는데 얼마만큼의 대비가 요구되는지 측정하는 것을 말한다. 대비 감도의 측

*Corresponding author: Bong-Hwan Kim, TEL: +82-52-270-0332, E-mail: bhkim@ch.ac.kr

본 논문의 일부내용은 2015년도 한국안광학회 창립20주년기념 학술대회에서 포스터로 발표 되었음.

정은 시력측정과 다르다. 시력은 매우 좋은 상태에서 시체계 분해능의 측정이고 반면에 대비 감도는 시표를 보기 위한 대비 역치의 측정이다. 오늘날 대비 감도를 측정하기 위한 가장 일반적인 방법은 벽에 걸 수 있는 시표를 기반으로 한 시스템이다. 이들 시표는 sine-wave 격자나 문자로 이루어진 시표로 구성된다.^[8] 본 연구에서는 저위 수차인 난시도와 고위 수차의 상관관계를 알아보고, 난시도를 등가구면 굴절력으로 교정했을 때와 완전 교정했을 때의 대비 감도를 비교하여 시력의 질을 평가하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

본 연구에 참여한 피검자는 부산, 울산, 경남 지역에 거주하는 대학생 중 전신 질환과 정신 질환 및 안질환 등의 과거와 현재 병력이 없고, 양안 교정시력이 0.8 미만이거나 2.00 D 이상의 부등시가 아니며, 시력 교정 수술을 시행하지 않은 사람들을 대상으로 문진 및 설문조사를 시행하였다. 사전에 대상자들에게 본 연구의 취지를 설명하고 동의하에 44명[남자 29명, 여자 15명, 평균 나이 21.0(±1.2)세]의 88안 중 각막 6.0 mm의 수차량이 측정 되지 않은 21안은 제외하고 67안을 비교 분석하였다.

2. 방법

실험하기 전에 난시에 대한 인식과 눈의 피로 정도를 사전 설문 조사하였으며 실험에 사용된 기기로는 Wave-Front Analyzer KR-1W(TOPCON)를 사용하였다. 눈 전체의 수차량과 각막의 수차량은 측정기에 설정된 4.0 mm와 6.0 mm의 동공영역에서 측정하였다. Contrast Sensitivity Chart(HDC-9000N/PF, Huvitz)를 사용하여 1.5, 3, 5, 8, 13 cycle/degree에서 난시도에 대한 등가구면 굴절력 교정과 난시의 완전 교정으로 대비 감도를 측정하였다. 시력 교정은 시험테를 이용하였다.

3. 통계처리

자료 분석을 위해 SPSS(Version 18.0)를 이용하여 빈도 분석과 기술통계를 실시하였고, 유의수준 값을 유의확률 0.05이하의 경우에 통계적으로 유의하다고 하였다.

결과 및 고찰

1. 연구 대상자 설문 조사 결과

1) 남녀 비율

설문에 참여한 44명 중 남자 29명, 여자 15명으로 남자의 비율은 67.35%이며 여자의 비율은 32.65%를 차지했다.

2) 시력 교정

설문에 참여한 44명 중 29명은 시력 교정을 했으며 15명은 시력 교정을 하지 않았다. 시력 교정을 한 비율은 67.35%이며 교정을 하지 않은 비율은 32.65%를 차지했다.

3) 시력 교정을 한 사람 중 난시 교정의 비율

시력 교정을 한 사람 중 난시 교정을 한 사람은 16명이며 난시 교정을 하지 않은 사람은 13명으로 난시 교정한 사람의 비율은 54.55%이며 난시 교정하지 않은 사람은 45.45%를 차지했다. 시력이 떨어지는 사람의 절반 이상이 난시를 가진 사람으로 조사되었다.

과학의 발달과 함께 달라지는 시생활 환경 즉 컴퓨터나 스마트폰 등의 잦은 사용으로 시력이 저하되고 있으며^[9] 고등학생의 50%, 대학생의 70%가 시력 이상자로 나타나고 있고 해마다 증가 할 것으로 보고되고 있다.^[10]

2. 난시도에 따른 수차량의 비교

난시의 정도에 따라 그룹을 나누어 비교 분석하였다. I그룹은 난시량이 0.00 ~ 0.74 D, II그룹은 0.75 ~ 1.99 D, III그룹은 2.00 D 이상인 안구로 분류하였다. I그룹은 25안, II그룹은 30안, III그룹은 12안으로 총 67안에 대해 동공영역 4 mm, 6 mm에서의 눈 전체 수차량과 각막 수차량을 비교하였다(Fig. 1).

동공 영역 4 mm에서 난시량이 높아짐에 따라 눈 전체의 수차량과 각막 수차량이 증가함을 보였다. 동공 영역 6 mm에서도 난시도가 증가함에 따라 수차량이 증가하였으며 이것은 통계적으로 유의한 값을 나타냈다(Table 1).

일반적으로 고위 수차의 양이 저위수차의 양보다 상대적으로 매우 작기 때문에 전체적인 수차가 저위 수차에 의해 좌우된다고 하였다.^[11] 본 연구의 결과도 저위 수차인 난시도에 따라 고위 수차가 높아짐을 알 수 있다.

3. 난시 축에 따른 수차량의 비교

난시도 뿐만 아니라 난시 축에 따른 수차량의 비교도 함께 실시하였다. 난시 축의 방향에 따라서 도난시($180 \pm 15^\circ$), 직난시($90 \pm 15^\circ$), 사난시($45 \pm 30^\circ$)로 구분하였다. 도난시

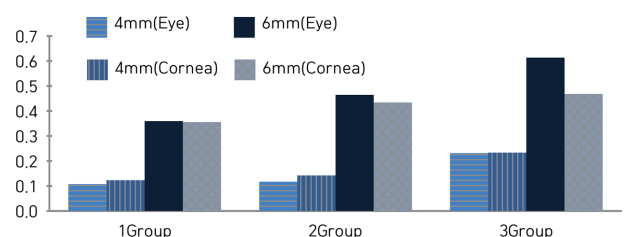


Fig. 1. Aberration of full-eye and cornea according to astigmatism in the pupil region 4 mm, 6 mm.

Table 1. Aberration of full-eye and cornea according to astigmatism in the pupil region 4 mm, 6 mm

Pupil size	I		II		III		p value	
	Eye	Cornea	Eye	Cornea	Eye	Cornea	Eye	Cornea
4 mm	0.107 (± 0.047)	0.123 (± 0.044)	0.117 (± 0.054)	0.142 (± 0.063)	0.231 (± 0.140)	0.233 (± 0.103)	0.000	0.000
6 mm	0.359 (± 0.124)	0.355 (± 0.107)	0.464 (± 0.195)	0.434 (± 0.151)	0.613 (± 0.472)	0.468 (± 0.136)	0.019	0.030

Table 2. Aberration of full-eye and cornea according to astigmatic axis in the pupil region 4 mm, 6 mm

Pupil size	Against the rule astigmatism		With the rule astigmatism		Oblique astigmatism		p value	
	Eye	Cornea	Eye	Cornea	Eye	Cornea	Eye	Cornea
4 mm	0.101 (± 0.025)	0.106 (± 0.037)	0.145 (± 0.098)	0.162 (± 0.08)	0.109 (± 0.049)	0.131 (± 0.066)	0.261	0.578
6 mm	0.347 (± 0.024)	0.337 (± 0.130)	0.459 (± 0.293)	0.423 (± 0.128)	0.403 (± 0.176)	0.394 (± 0.169)	0.169	0.428

Table 3. Contrast sensitivity between spherical equivalent (S.E) and full vision correction (F.V) according to astigmatism

cpd	I		II		III		p value	
	S.E	F.V	S.E	F.V	S.E	F.V	S.E	F.V
1.5	1.018 (± 0.409)	0.956 (± 0.202)	1.256 (± 0.391)	1.085 (± 0.248)	5.393 (± 9.939)	1.896 (± 1.520)	0.008	0.000
3	0.922 (± 0.338)	0.796 (± 0.139)	1.869 (± 1.917)	1.085 (± 0.338)	6.074 (± 7.968)	2.319 (± 3.305)	0.000	0.009
5	1.097 (± 0.337)	1.096 (± 0.454)	3.331 (± 3.705)	1.333 (± 0.781)	11.532 (± 19.772)	3.725 (± 6.802)	0.004	0.029
8	2.951 (± 3.757)	2.086 (± 1.695)	11.088 (± 11.178)	5.713 (± 11.129)	25.948 (± 33.483)	6.372 (± 8.866)	0.001	0.002
13	11.573 (± 11.135)	13.568 (± 17.183)	34.292 (± 27.120)	22.728 (± 26.421)	40.850 (± 40.419)	38.493 (± 39.669)	0.001	0.032

(against the rule astigmatism) 4안, 직난시(with the rule astigmatism) 46안, 사난시(oblique astigmatism) 17안으로 총 67안을 비교분석 하였고 직난시의 대상자가 많음을 확인할 수 있었다.

난시 축에 따라 동공 영역 4 mm, 6 mm일 때의 수차량을 비교해 보았을 때 이들 통계 값 사이에서는 유의한 값을 얻지 못하였지만 도난시에서 사난시, 직난시로 갈수록 수차량이 증가함을 알 수 있었다. 눈 전체의 수차량과 각막 수차량이 난시 축과는 유의하지 않음을 알 수 있었다 (Table 2).

4. 난시량에 따른 등가 구면굴절력 교정과 완전교정 시 대비 감도

앞서 난시 축에 따라 비교한 눈 전체와 각막의 고위 수차에서는 상관성을 얻을 수 없었으나 난시도의 증가로 인한 고위 수차는 유의한 통계 값을 얻었다. 눈 전체 고위

수차(4 mm, $p < 0.000$, 6 mm, $p < 0.019$), 각막 고위 수차(4 mm, $p < 0.000$, 6 mm, $p < 0.030$)는 난시도가 높아짐에 따라 증가하였다. 이에 따라서 저위수차인 난시도를 등가구면 교정과 완전교정을 통하여 시력의 질을 평가하는 대비 감도와 연관성을 알아보았다(Table 3).

1) 난시도에 따른 등가구면교정 시 대비 감도 비교

난시도를 등가구면으로 교정했을 경우의 I그룹, II그룹, 그리고 III그룹을 비교해보면 1.5, 3, 5, 8, 13 cpd에서 난시도가 낮을 때(I그룹) 대비 감도가 높고 난시도가 높을 때(III그룹) 대비 감도가 낮아지며 통계적으로 유의한 값을 보였다(Fig. 2).

2) 난시도에 따른 난시교정 시 대비 감도 비교

난시를 완전 교정하였을 경우 I그룹, II그룹, 그리고 III그룹을 비교해보면 5 cpd 이하의 낮은 영역에서는 큰 차이 없

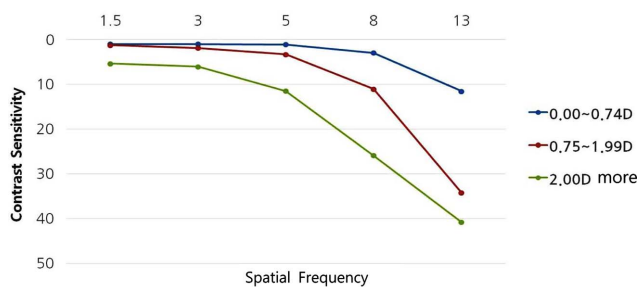


Fig. 2. Contrast sensitivity according to astigmatism with spherical equivalent correction.

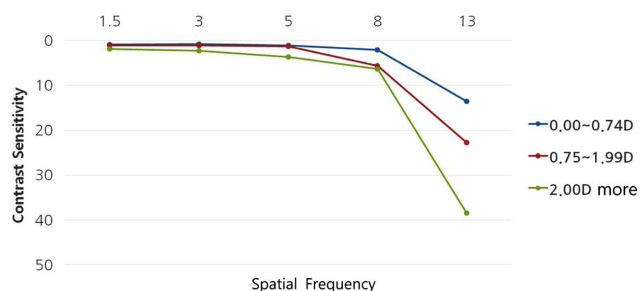


Fig. 3. Contrast sensitivity according to astigmatism with full vision correction.

이 대비 감도가 높게 나타나지만 8 cpd 이상의 높은 영역에서는 큰 차이로 대비 감도가 낮아짐을 알 수 있다(Fig. 3).

3) 동일한 난시도를 갖는 그룹에서의 등가구면 교정과 난시 교정 시 대비 감도 비교

① I그룹

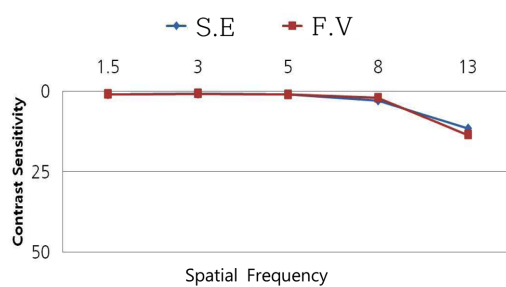
난시가 적은 그룹에서는 일반적으로 난시교정을 하지 않으나 비교 값을 얻기 위해 0.50 D 단위의 난시교정을 등가구면 굴절력으로 교정하였다. 평소에 난시교정을 하지 않았으므로 오히려 등가구면 굴절력으로 처방했을 때 더 편안했으며 난시교정을 했을 때 더 불편함을 호소하는 경우가 있었다. 그래서 13 cpd에서는 구면 보정했을 때 오히려 대비 감도가 높아졌다(Fig. 4(a)).

② II그룹

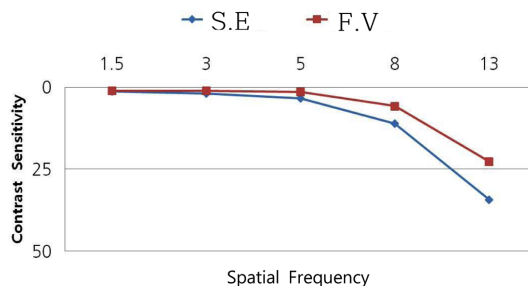
II그룹은 난시의 완전 교정 효과가 잘 나타나는 그룹이었다. Fig. 4(b)에 나타나있는 것처럼 중등도 난시는 난시교정을 함으로써 등가구면 굴절력으로 교정 했을 때보다 대비 감도가 높아짐을 알 수 있었다. 특히 공간주파수가 1.5, 3, 5, 8, 13 cpd로 변화함에 따라 난시 교정을 하였을 때 대비 감도가 높음을 알 수 있다.

③ III그룹

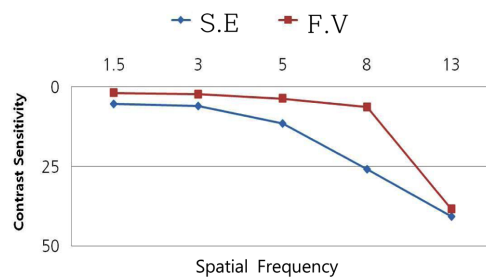
Fig. 4(c)에서는 난시를 교정하였을 때 대비 감도가 높게



(a) I Group



(b) II Group



(c) III Group

Fig. 4. Contrast sensitivity between spherical equivalent and full vision correction according to similar astigmatism.

나타났다. 하지만 13 cpd에서 대비 감도가 급격히 낮아짐을 알 수 있다. 난시도가 높을 경우 눈에 미치는 수차량도 많지만 대비 감도도 떨어져 시력의 질이 많이 낮아짐을 알 수 있다. 등가구면 값으로 교정 했을 때와 난시를 완전 교정 했을 때의 대비 감도를 비교하면 완전교정 하였을 때의 대비 감도가 더 좋은 것으로 나타났다.

5. 난시 축에 따른 등가구면 굴절력 교정과 완전교정 시 대비 감도

도난시, 사난시, 직난시 순으로 대비 감도가 낮아지는 결과를 볼 수 있다. 하지만 난시 축에 따른 대비 감도의 변화는 유의한 상관관계가 나타나지 않았다(Table 4).

일반적으로 시력검사는 높은 대비의 시기능만 검사할 수 있는 반면 대비 감도 검사는 다양한 크기와 대비에 대하여 시기능을 광범위하게 평가 할 수 있다. 그래서 대비 감도 검사는 실제로 물체를 파악하는 능력을 측정하는 방법으로 시력검사보다 임상에서 다양하게 응용될 수 있을

Table 4. Contrast sensitivity between spherical equivalent (S.E) and full vision correction (F.V) according to astigmatic axis

cpd	Against the rule astigmatism		With the rule astigmatism		Oblique astigmatism		p value	
	S.E	F.V	S.E	F.V	S.E	F.V	S.E	F.V
1.5	0.098 (± 0.023)	0.880 (± 0.200)	2.311 (± 5.261)	1.288 (± 0.857)	1.037 (± 0.480)	0.967 (± 0.248)	0.546	0.219
3	0.880 (± 0.200)	0.780 (± 0.000)	2.760 (± 4.634)	1.337 (± 1.749)	1.265 (± 1.347)	0.920 (± 0.415)	0.321	0.519
5	1.177 (± 0.322)	0.880 (± 0.200)	5.198 (± 10.925)	1.926 (± 3.589)	1.291 (± 0.874)	1.175 (± 0.519)	0.274	0.591
8	2.255 (± 0.807)	1.472 (± 0.585)	14.060 (± 20.266)	4.535 (± 7.458)	3.648 (± 5.342)	5.028 (± 11.757)	0.069	0.756
13	13.430 (± 14.769)	6.177 (± 7.675)	32.278 (± 29.256)	24.642 (± 28.365)	15.869 (± 23.490)	19.101 (± 27.214)	0.072	0.384

것이다.^[12] 시력검사는 높은 대비상태에서 시행하며 다양한 크기의 검은색 문자나 숫자를 흰색 배경에 뚜렷하게 제시하여 측정하지만 실생활에서는 항상 이상적인 대비만 존재하는 것이 아니므로 시력이 1.0이라하더라도 대비 감도는 낮을 수 있다.^[13] 낮은 대비 감도는 야간 운전, 독서 시, 비슷한 색의 도로포장 등에서 문제를 일으킨다.^[14] 최근에 시력 교정을 하는 방법으로 안경을 착용하는 경우보다 여러 가지 편리성으로 인해 콘택트렌즈를 이용하여 시력 교정을 많이 한다. 실제로 소프트 콘택트렌즈 착용자의 대부분이 비용이나 디자인 등의 이유로 난시 교정을 등가 구면 처방으로 렌즈를 착용하는 경우가 많다. 이는 시력장애 뿐만 아니라 안정피로를 일으키는 중요한 원인이 되며 시력의 질 또한 완전하지 못할 것으로 예측된다.^[15]

시력의 질을 높이기 위한 고위 수차와 시력교정 방법의 관계에 대한 연구들이 다양하게 진행되고 있다. 고위 수차를 줄이기 위한 노력의 결과로 비구면 소프트렌즈를 착용하면 전체 고위 수차와 구면 수차가 콘택트렌즈 착용하지 않은 경우보다 감소한다는 연구 결과가 보고 된 바 있으며^[16] 전면에 경계가 없고 일정한 면을 가지고 있는 비구면 디자인의 RGP 렌즈를 착용하면 고위 수차 중 구면수차의 감소로 광학적인 시력의 질을 높여 줄 수 있을 것으로 보고 있다.^[17]

일반적으로 높은 대비(100%)수준에서 해상력을 측정하지만 대비 감도 검사는 주어진 공간에서 어떤 물체나 영역의 밝기 차이를 구별 할 수 있는 능력을 측정한다. 이러한 대비 감도의 검사는 수시로 변하는 시생활에서 시력 검사에 비해 3-5배 더 민감한 시기능을 반영한다고 할 수 있다.^[18] 따라서 대비 감도의 측정은 사람이 일상생활을 하는데 얼마나 편안하게 시생활을 영위하는지의 척도가 된다. Ginsburg 등^[19]에 의하면 VCTS를 이용한 대비 감도 검사에서 정시안의 대비 감도는 종모양을 이루며 명소시

와 암소시 모두 중간 주파수인 6 cpd에서 가장 높은 대비 감도를 보이며 그보다 높거나 낮은 주파수에서 대비 감도가 감소된다고 하였다. 유 등^[20] 은 연령의 변화에 따른 정상 대비 감도 검사에서 명소시의 경우 6 cpd, 암소시의 경우 3 cpd 일 때 최대 대비 감도를 보인다고 했다. 본 연구에서는 난시량이 낮은 경우에서만 3 cpd에서 최대 민감도를 보였으며 나머지 다른 난시량에서는 거의 차이가 없지만 1.5 cpd에서 최대 민감도를 나타내었다. 검사실의 조건이나 검사 방법의 차이로 인해 다소 상이한 결과를 보였다고 사료된다. 시력의 질을 평가하는 대비 감도 검사는 우리나라에서는 각막교정수술 전후에 검사를 실시하고 있다. 가까운 일본의 경우에는 안경원에서 대비 감도 검사와 함께 입체시 검사도 필수적으로 이루어지고 있다. 고령화, 시력교정수술 후, 안질환 등에 따른 대비 감도는 동일한 시력 하에서도 시생활의 질의 저하를 초래할 수 있다. 이 연구는 안경원에서 많이 사용하는 LCD 시력검사에서 대비 감도를 측정하였다. 따라서 같은 시력이라도 시력의 질은 다를 수 있다는 것을 인식할 수 있으며 대비 감도 검사가 쾌적한 안경처방의 도구로 이용될 수 있을 것이라고 사료된다.

결론

본 연구에서는 난시를 등가구면 굴절력으로 교정했을 때와 완전교정 했을 때의 대비 감도를 비교하여 시력의 질에 영향을 주는지를 파악하였다. 또한, 난시량과 난시축에 따른 수차량과 대비 감도를 비교하였다. 난시량의 증가에 따라 고위 수차량이 증가하였으며 동공 사이즈가 증가함에 따라 수차량의 증가를 보였다. 눈 전체의 수차량과 각막 수차량은 난시 축과의 연관성에 유의하지 않았지만 도난시에서 사난시, 직난시로 갈수록 수차량이 증가함을

알 수 있었다. 대비 감도는 1.5, 3, 5, 8, 13 cpd에서 측정했을 때 난시량 증가에 따라 대비 감도에서 유의한 차이가 있었으며, 난시를 구면교정 했을 때와 난시를 완전 교정 하였을 때를 비교하였을 때도 유의한 차이가 있었다. 대비 감도는 난시 축으로 나누어 직난시, 도난시, 사난시 일 때 비교하였을 때는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이에 따라서 난시량과 난시의 교정방법에 따라 대비 감도에 영향을 주어 시력의 질적 저하를 초래함을 알 수 있었다. 그러므로 난시의 정확한 교정과 타각적, 자각적 시력측정 및 대비 감도의 검사로 시력의 질을 향상시킬 필요가 있다.

감사의 글

이 논문은 2016년도 춘해보건대학교 학술연구비 지원에 의한 것임.

REFERENCES

- [1] Kang HS, Introduction to Optometry, 2nd Ed. Seoul: Sinkwang Publishing Company, 2004;188.
- [2] Kang HS, Introduction to Optometry, 2nd Ed. Seoul: Sinkwang Publishing Company, 2004;195.
- [3] Song YY, Lee HJ, Jung MA, Oh HJ, Baek SS, Kang IS, Choi JY. Analysis of higher-order wavefront aberration in the cornea of Korean. Korean J Vis Sci. 2012;14(4):279-288.
- [4] Mun GH, Im SK, Park HY, Yoon KC. Comparison of clinical results between two spherical aberration-free intraocular lenses. J Korean Ophthalmol Soc. 2010;51(5):670-676.
- [5] Resan M. Wavefront Aberrations, Advance in ophthalmology. Rijeka: Intech. 2012;191-204.
- [6] Liang J, Grimm B, Goelz S, Bille JF. Objective measurement of wave aberrations of the human eye with the use of a Hartmann-Shack wave-front sensor. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis. 1994;11(7):1949-1957.
- [7] Ginsburg AP. Contrast sensitivity and functional vision, International ophthalmology clinics, Lippincott Williams & Wilkins. 2003;43(2):5-15.
- [8] Cynthia Owsley. Contrast sensitivity Ophthalmol CLIN N Am 16. 2003;171-177.
- [9] Joo HS. Analysis on Key-factors in Worsening of Eyesight for Schoolchildren as a Consequence. J Korean Contents Association. 2011;11(3):477-486.
- [10] Yun CH. A Comparative Study of High School Students Visual Attention. Master Thesis. Chonnam National University, Gwangju. 2002;10-26.
- [11] Jeong JH, Kim MJ, Tchah HW. Clinical comparison of laser ray tracing aberrometer and Shack-Hartmann aberrometer. J Korean Oph. Soc. 2006;47(12):1911-1919.
- [12] Jindra LF, Zemon V. Contrast sensitivity testing, A more complete assessment of vision. J Cataract Refract Surg. 1989;15:141-148.
- [13] Ginsburg AP, Evans DW, Cannon MW Jr. Large sample norms for contrast sensitivity. Am. J. Opt. Physiol. Opt. 1984;61:80-84.
- [14] Kim JM, Lee MA. Comparison of Contrast Sensitivity Between Soft Contact Lens Wearers and Spectacle Wearers. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2007;12(4):119-125.
- [15] Lee MA, Kim HJ, Kim JM. Contrast sensitivity and glare with spherical and toric soft contact lenses in low-astigmatic eyes. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2009;14(1):39-45.
- [16] Kim JM, Mum MY, Kim YC, Lee KJ. Change of spherical aberration with aspheric soft contact lens wear. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2012;17(4):365-372.
- [17] Kim JY, Eom JH, Bae HJ, Yun MO, Kim HS. An analysis of high-order aberration according to the RGP lens design. Korean J Vis Sci. 2011;13(2):139-148.
- [18] Kim HJ, Kim H, Cho SH, Cho BJ, Choi KY, Chung KH, Joo CK. Comparison of Contrast Sensitivity with ACV (Visual Capacity Analyzer) in Different Types of Posterior Capsular Opacification. J Korean Ophthalmol Soc. 2004;45(6):945-951.
- [19] Ginsburg AP. A new contrast sensitivity vision test chart. Am J Optom Physiol Opt. 1984;61:403-7.
- [20] You YC, Choi TH, Lee HB. Normal contrast sensitivity for various ages. J Korean Ophthalmol Soc. 2003;44(1):150-156.

난시량에 따른 수차와 대비 감도가 시력에 미치는 영향

김봉환*, 한선희, 박선미, 전아현, 박희문, 유재환, 류승희

춘해보건대학교 안경광학과, 울산 44965

투고일(2017년 4월 28일), 수정일(2017년 6월 1일), 게재확정일(2017년 6월 21일)

목적: 난시가 시력의 질에 미치는 영향을 수차와 대비 감도를 통하여 알아보려고 하였다. **방법:** 안질환이 없는 평균 나이 21.0(± 1.2)세의 44명(남:29명 여:15명)을 대상으로 검사하였다. 실험은 Wave-Front Analyzer KR-1W (TOPCON) 기기로 수차를 측정하였고 Contrast Sensitivity Chart(HDC-9000N/PF, Huvitz)로 대비 감도를 측정하였다. **결과:** 고위 수차는 난시량의 증가에 따라 유의한 차이를 보였으며 난시 축으로 나누어 보았을 때는 유의하지 않았다. 대비 감도의 측정에서 난시량에 따라 유의한 차이를 보였으나 난시 축으로 나누었을 때는 유의하지 않았다. 난시량을 등가구면 교정하였을 때와 난시교정 했을 때 대비 감도는 유의한 차이가 있었으며, 등가구면 교정과 난시 교정 하였을 때는 동일한 공간 주파수에서도 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. **결론:** 대비 감도는 난시량과 난시 교정방법에 따라서 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다. 대비 감도는 난시 축에 영향을 받지 않았으며, 정확한 난시 교정으로 대비 감도를 높여 시력의 질을 향상시킬 필요가 있다.

주제어: 난시, 고위 수차, 대비 감도, 난시 축, 난시 교정, 시력