



Effect of Soft Contact Lenses with a Hydrophilic Polymer on the Contrast Sensitivity Function

Kyung Hee Yun¹, Jae-Chol Lee², and Jae-Myoung Seo^{3,*}

¹Dept. of R&D Center, INTEROJO INC., Director, Pyongtaek 17744, Korea

²Dept. of R&D Center, INTEROJO INC., Assistant Manager, Pyongtaek 17744, Korea

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

(Received April 16, 2019; Revised May 21, 2019; Accepted June 4, 2019)

Purpose: It is investigated whether the contrast sensitivity (CS) after wearing soft contact lenses (SCLs) is improved by the interpenetrating polymer networks (IPN) of polyvinylpyrrolidone (PVP) and polyethylene glycol (PEG). **Methods:** Twenty subjects participated in the study to determine the average CS thresholds for SCLs with PVP K90 0.3% and for SCLs without PVP for comparison. The CS thresholds after the subjects wore the two different types of SCLs were measured for two different forced choice stair cases of 3 and 18 cycles per degree (cpd) static sinusoidal gratings for 88 ms and 518 ms within a circular aperture using the software program Morphonome™. The results were analyzed by Pearson correlation and a paired T-test. **Results:** The group wearing the SCLs with PVP had an improved CS overall for 3 cpd compared with the group without the PVP. In particular, the contrast thresholds for 88 ms and 518 ms were 0.2 and 0.41 lower after 12h of wearing SCLs, respectively, which showed that the SCLs with PVP enhanced the CS despite the extended wearing time. However, the CS for 18 cpd varied according to the target exposure times. The experimental group had an improved CS for 88 ms, which was not significant, whereas the contrast threshold for 518 ms increased with wearing time 4h, 8h and 12 hours (1.02, 0.67 and 1.24, respectively). **Conclusions:** The IPN technique with PVP improved the CS. However, the measurement of CS for higher spatial frequencies has to be taken into consideration.

Key words: Hydrophilic polymer, Contact lens, Contrast sensitivity function, Contrast threshold, Spatial frequency, Interpenetrating polymer networks

서 론

인간의 여러 가지 시기능 중에서 대비감도는 중심와의 분해능만을 측정하는 Snellen 시력과 다르게 일상적인 시 작업(visual tasks)과 매우 높은 관련성을 갖는다.^[1,2] 일상에서 끊임없이 변하는 사물의 조도(signal)와 사물의 음영에 의한 잡음(noise)까지 모두(signal to noise ratio)를 포괄하여 표현할 수 있는 데에 대비감도 검사의 장점이 있다고 할 수 있다. 대비감도함수(contrast sensitivity function)에는 두 가지 특징적인 요소가 있는데 결상의 질을 저하시키는 수차, 회절, 산란 등의 광학적 요소와 결상된 시각정보를 전달하는 망막과 시로(visual pathway)의 한계와 이들의 상호작용 등에 의한 신경학적 요소를 들 수 있다.^[3] 대비감도함수는 실제 생활에서 공간주파수(spatial frequency)의 대역에 따라 다양하게 적용할 수 있는데 고역대 공간

주파수에서의 대비감도의 저하는 광학적 요소에 영향을 받는 경향이 있는 반면, 저역대 공간주파수의 경우에는 신경학적 요소에 영향을 받는 경향이 있다.^[4] 이론적으로 대비감도함수의 신경학적 요소는 망막 결상의 질에만 영향을 주는 광학적 요소와는 상충되지 않기 때문에 정상적인 콘택트렌즈 착용자에게서 나타나는 대비감도 저하는 광학적 요소(각막 혹은 콘택트렌즈)에서만 발생한 결함으로 단정할 수 있다.

한편, 콘택트렌즈는 최근 소재와 디자인에서 많은 기술이 축적되었음에도 불구하고 건조감이나 불편함 등 해결해야 하는 문제들이 여전히 존재한다. 특히, 소프트 콘택트렌즈 교정시력이 안경 교정시력 보다 결코 떨어진다고 할 수는 없으나 시각 전체의 선명도가 안경만큼 선명할 수 있는냐는 각각 시각의 서로 다른 기능이기 때문에 단정하기 어렵기 때문이다.^[5] 왜냐하면, 소프트 콘택트렌즈

*Corresponding author: Jae-Myoung Seo, TEL: +82-41-550-2938, E-mail: jaemyoung.seo@bscu.ac.kr

본 내용의 일부내용은 2018년도 한국안광학회 동계학술대회에서 포스터로 발표되었음.

를 착용하고 대비가 저하(흐린 날이나 늦은 오후)된 사물을 주시하거나 움직이는 사물을 주시하면 안경보다 시 작업(visual tasks)이 더 어려워지기 때문이다. 그에 관한 여러 가지 요인 중 하나로 함수율을 들 수 있는데 저함수 하이드로겔렌즈의 경우 고품수 콘택트렌즈보다 취급이 더 용이한 반면 산소투과율은 상대적으로 낮아 각막부종을 일으켜 빛의 산란 및 각막의 굴절력에 영향을 주어 결상의 질을 감소시키는 경향^{6,7}이 있다. 이를 개선하기 위해 기존의 하이드로겔 소재에 실리콘을 배합한 형태의 콘택트렌즈가 개발되어 유통이 되고 있으나 이 역시 실리콘 소재가 갖는 소수성에 의해 습윤성이 저하될 여지⁸가 상존한다. 또한, 소프트 콘택트렌즈가 탈수되면 시력과 착용감을 떨어뜨린다고 알려져 있다.⁹ 이것은 콘택트렌즈의 탈수가 렌즈의 형태를 미묘하게 변화시키기도 하고¹⁰ 콘택트렌즈가 눈물층을 교란시켜¹¹ 궁극적으로 광학적 산란과 수차를 일으키기 때문이다.^{12,13} 그 해결방법으로 콘택트렌즈 소재와 습윤제(hydrophilic polymer)를 합성하는 방법¹⁴과 습윤제를 콘택트렌즈 표면에 코팅하는 방법¹⁵이 소개되어 오고 있다. 특히, 습윤제로 사용하는 여러 소재 중 polyvinylpyrrolidone (PVP)은 결상의 질을 개선하고 건조감을 감소시키는 것으로 알려져 있다.¹⁶

콘택트렌즈에 PVP를 첨가했을 때 누액의 양이나 질의 개선을 보고한 최신 선행연구^{17,18}는 있으나 대비감도를 직접적으로 습윤제와 연관지어 진행한 연구는 전무하다. 이에 본 연구에서는 산소투과율이 상대적으로 낮은 하이드로겔 콘택트렌즈와 PVP를 합성한 경우, 습윤 처리를 하지 않은 렌즈를 착용했을 때 그리고 콘택트렌즈를 착용하기 전 안경착용 상태와 비교해 대비감도의 변화를 알아보고자 하였다. 이에 따라 습윤 처리가 된 콘택트렌즈에 대한 대비감도함수의 개선 정도를 규명하여 임상현장에서의 콘택트렌즈 처방에 기초 자료를 제공하고자 한다.

대상 및 방법

본 연구에 참가한 대상자는 24세부터 45세까지(32±5.78세) 청·장년을 대상으로 안과질환이 있는 사람을 제외하였으며 난시가 있는 경우 등가구면굴절력을 처방하여 교정시력이 최소 0.6 이상인 사람으로 제한하여 최종 20명의 데이터를 분석에 사용했다. 교정시력을 0.6으로 특정한 이유는 대비감도 측정을 위해 사용한 공간주파수 중 하나가 소수시력 0.6에 준하기 때문에 교정시력에 의한 대비감도 영향을 최소화 하고자 했다. 가령, 교정시력 0.6미만인 사람이 대비시력 0.6에 준하는 대비감도 측정을 할 경우 교정시력이 대비감도함수에 영향을 주어 습윤 처리의 효과에 대한 사후검증 결과에 영향을 줄 수 있기 때문이다. 사

Table 1. Specifications of the soft contact lenses for this study

Lens type		Experimental lens	Control lens
Material		Methafilcon A	Methafilcon A
Materials	PVP K90	0.3%	0
Materials	NaHCO ₃	0.2%	0.2%
Materials	PEC 400	0.95%	0.95%
Water contents (%)		55	55
Center thickness (mm/-3D)		0.1	0.1
Base curve (mm)		8.6	8.6
Refractive index		1.407	1.407
Oxygen permeability (cm ² /sec)·(mlO ₂ /ml·mmHg)		20.00 × 10 ⁻¹¹	20.00 × 10 ⁻¹¹
Total diameter (mm)		14.2	14.2

전검사로 콘택트렌즈 착용 전 착용하던 안경(18명)이나 콘택트렌즈(2명)로 교정한 상태에서 대비감도를 측정했다.

실험용으로 사용한 콘택트렌즈는 0.3% PVP를 함유한 K90(이하, K90)과 polyethylene glycol (PEG)와의 혼합액을 약알칼리 상태에서 55°C로 가열하여 흡착된 고분자 구조(interpenetrating polymer network)를 갖도록 했다. PVP를 0.3%로 특정한 이유는 사전 원료 배합실험에서 PVP 0.3%에서 일 때 데이터가 가장 안정적이었으며 그 이상의 농도에서는 렌즈 표면의 물리적 마찰력이 낮아서 취급에 어려움이 발생했기 때문이다. 콘택트렌즈의 다른 물리적 조건을 모두 동일하게 유지하면서 K90을 흡착하지 않은 (0%) 렌즈를 대조용 콘택트렌즈로 사용했다. 연구에 사용한 콘택트렌즈의 매개변수를 Table 1에 나타냈다. 콘택트렌즈를 착용한 지 6일째와 7일째 양일간 대비감도를 측정했으며 측정 당일에는 콘택트렌즈를 착용한지 4시간, 8시간, 12시간이 되었을 때 측정했다. 대비감도는 양일간 총 6회 측정했으며 착용 시간별 평균값을 구했다.

대비감도 측정은 대비감도용 전문 소프트웨어 Morpho-nomeTM¹⁹을 매킨토쉬와 삼성 CRT 모니터에 구현하였다. 양자택일형 검사법(alternative forced choice technique)을 사용하였으며 검사거리는 150 cm, 표적 크기는 5.2 cm로 유지하였다. 첫 번째 표적과 두 번째 표적 사이의 인터벌은 560 ms, 대비감도는 0.05 로그 단위로 감소(descending staircase)하게 설정했다. 모니터의 해상도는 640 × 480이었으며 주사율은 60 Hz였다. 일조량에 따른 모니터와 주변의 반사로 인해 대비감도 측정에 영향을 줄 수 있는 외부 요인을 통제하기 위해 빛이 통하지 않는 암막 커튼을 설치하였으며 검사실의 밝기 수준은 모니터의 프레임과 모니터 내 표적의 배경 대비인 50%와 비슷한 수준의 정도로 유지시켰다. 실험순서에 따른 체계오차(systemic error)

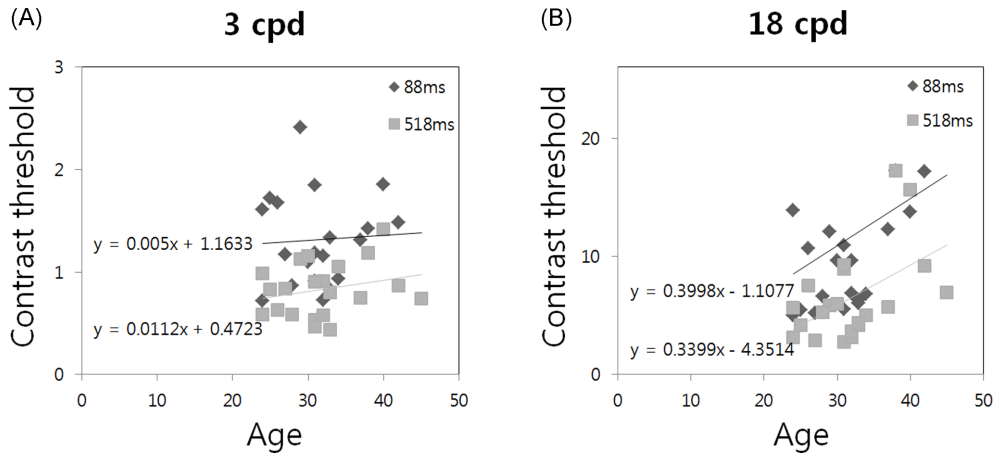


Fig. 1. For both spatial frequencies, the contrast threshold for habitual use of eyeglasses increased with ageing. (A) For 3 cpd, there were slight increases ($r = 0.24$ for 518 ms and $r = 0.06$ for 88 ms), but no statistical significance for both exposure durations. (B) For 18 cpd, there was a significant increase only for 518 ms ($r = 0.51$, $p < 0.05$).

와 학습효과(learning effect)를 방지하기 위하여 매개변수 간 순서는 엑셀 프로그램을 사용하여 무작위로 정했다. 대비감도의 표적은 원형 구경의 수직 정현파(sinusoidal grating stimuli)를 사용하였다. 노출시간에 따른 대비감도의 변화를 알아보기 위하여 표적의 노출시간은 88 ms와 518 ms로 설정했으며 표적의 공간주파수는 소수시력 0.1에 해당하는 3 cycle per degree(이하 cpd) 그리고 0.67에 해당하는 18 cpd를 사용했다. 보통 움직이는 표적은 시간당 모션 프레임이 짧기 때문에 대비감도 측정의 경우 표적의 노출시간이 100 ms 이하로 짧게 설정하면 움직이는 물체에 대한 시각을 측정한다고 볼 수 있다. 한편, 생리학적 공간적 가중(spatial summation)에 따라 노출시간이 길수록 대비감도는 증가하지만 일정 시간 이상 증가하면 더 이상 증가하지 않는데 선행연구^[20]에 의하면 그 임계시간이 600 ms 전후로 측정이 되었기 때문에 그와 가장 유사한 노출시간인 518 ms를 선택하였다.

본 연구의 실험 결과의 통계 분석에는 Microsoft Excel 2010(Microsoft corporation)과 Origin 8.0 소프트웨어(OriginLab, Los Angeles, USA)를 사용했으며 표본 20명에 대한 정규성 검정은 Shapiro-Wilk test를 사용했다. 상관관계 분석은 Pearson 상관계수를 사용했으며 콘택트렌즈의 습윤 처리 전후를 검증하기 위해 대응표본 t-test를 사용하여 유의확률 $p < 0.05$ 일 때 통계적으로 유의한 차이가 있다고 판단했다.

결과 및 고찰

대상자들이 기존에 착용하던 교정 기구에 따른 평균 소수시력은 0.96 ± 0.14 , SCL에 의한 교정시력은 0.90 ± 0.14 로 군간 통계적 차이는 없었다($p > 0.19$). 대비감도 분석은 일

반적으로 대비역치(contrast threshold)의 편차가 크기 때문에 편의상 일반로그를 취하여 분석하지만 본 연구에서는 대비감도 로그값 간 차이가 작게 나타나 데이터 비교의 식별성을 높이기 위해 대비역치 값을 변환없이 직접 사용했다. 즉, 본 연구 결과의 해석에 있어서 역치가 높다는 것은 시감도가 낮아 시작업이 원활하지 않음을 뜻하며 역치가 낮다는 것은 시감도가 높아 시작업이 원활함을 뜻한다.

대비감도는 나이가 증가함에 따라 감소한다고 알려져 있는데^[21] 본 연구의 결과에서도 이와 유사한 경향을 나타냈다(Fig. 1). 다만, 공간주파수 3 cpd에서의 대비역치와 나이의 상관관계는 88 ms에서 0.06, 518 ms에서 0.25로 거의 무관하거나 미세하게 증가하는 경향을 보였다. 반면, 18 cpd에서는 크게 증가함을 나타냈는데 특히 518 ms에서의 상관계수가 0.51로 의미 있는 상관성을 보였으며 ($p < 0.05$) 88 ms에서는 0.22로 나타났다. 88 ms의 대비역치가 더 높게 나타난 것은 인식이 더 어려웠음을 뜻한다. 건강한 성인의 대비감도는 3~4 cpd(소수시력 0.1~0.133에 준함)에서 가장 높는데^[22] 이는 대비가 낮은 조건에서도 시작업이 상대적으로 원활할 수 있음을 암시한다. 따라서 3 cpd에서 나이에 따른 대비역치 증가가 두드러지지 않는 것은 사람의 경우 공간주파수의 전 대역대에서 3~4 cpd에서 가장 높은 대비감도를 보이기 때문으로 판단된다. 다만, 동일한 대역의 공간주파수를 사용한 선행연구^[20]에서 저시력 환자 군이 정상 대조군에 비해 0.73 log unit가 낮게 나타났다고 보고 한 바 있기 때문에 3 cpd에서의 대비감도의 측정은 신경학적 변화를 알아볼 수 있는 저역대 공간주파수라고 생각된다. 한편, 소수시력 0.67에 해당하는 18 cpd의 경우 3 cpd와 비교가 가능한 수준으로 나이에 따른 대비역치의 증가가 나타났는데 특히, 518 ms에서 보다 강한 대비역치의 증가를 나타냈으며($r = 0.51$), 88 ms에

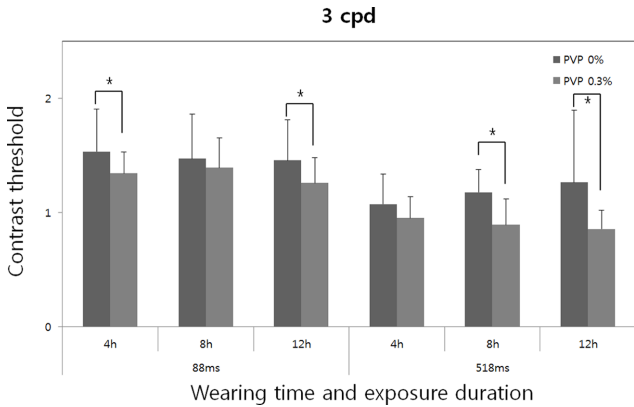


Fig. 2. Change in the contrast threshold depending on wearing time for 3 cpd for each exposure time. *p<0.05 is considered significantly different from the SCL without PVP according to the paired t-test.

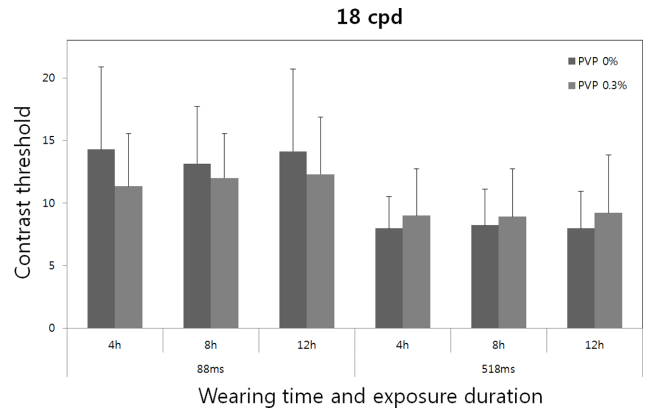


Fig. 3. Change in the contrast threshold depending on wear time for 18 cpd for each exposure duration.

서는 약한 상관관계를 나타냈다($r = 0.22$). 고역대 공간주파수에서의 대비감도 감소는 Arranz^[4]의 설명대로 광학적 요소에 기인했다고 볼 수 있으며 평균 교정시력이 0.8 이상인 본 연구의 대상자들은 나이에 따른 안매체의 광투과 저하와 산란 등으로 대비역치가 증가했을 것이라고 생각된다.

공간주파수 3 cpd에서 콘택트렌즈 습윤 처리를 한 렌즈와 처리를 하지 않은 렌즈를 착용하고 4시간, 8시간, 12시간 후 대비역치를 비교했다(Fig. 2). 습윤 처리를 하지 않은 렌즈에서 대비역치는 88 ms의 경우 착용시간에 영향을 받지 않는 것으로 나타났으나 518 ms에서는 증가하는 경향을 보여 대비감도가 떨어지는 경향을 보였다. 그러나 88 ms에서 PVP를 0.3% 처리한 콘택트렌즈에서의 대비역치는 습윤 처리가 되지 않은 렌즈에 비해 4시간 후 0.19($p < 0.05$), 8시간 후 0.08($p > 0.05$), 12시간 후 0.2($p < 0.05$), 518 ms에서는 0.12($p < 0.05$), 0.28($p < 0.05$), 0.41($p < 0.05$) 만큼 각각 낮게 측정이 되었다. 특히, 습윤 처리를 한 콘택트렌즈

착용 12시간 후에는 노출시간과 상관없이 모두 유의미한 감소를 보였는데 본 연구에서 측정하지 않은 안구의 구조적(해부 및 생리) 측면을 배제하고 기능적(시기능 및 시능력) 측면에서만 바라본다면 콘택트렌즈를 장시간 착용을 하는 사람에게 적합한 콘택트렌즈일 수 있다고 생각된다.

공간주파수 18 cpd에서 콘택트렌즈 습윤 처리를 한 렌즈와 그렇지 않은 렌즈를 착용하고 4시간, 8시간, 12시간 후 대비역치를 비교했다(Fig. 3). 3 cpd에서의 대비역치 결과와 다르게 습윤 처리 여부와 상관없이 착용 시간별 변화가 크지 않는 것으로 나타났다. 또한 88 ms에서 역시 습윤 처리한 군에서 그렇지 않은 군에 비해 렌즈 착용 4시간 후 2.45($p > 0.12$), 0.98($p > 0.43$), 0.12($p > 0.44$) 만큼 대비역치가 낮은 경향이 나타났으나 통계적 의미는 없었다. 다만, 518 ms의 경우 습윤 처리를 한 콘택트렌즈가 그렇지 않은 렌즈보다 대비역치가 착용 4시간 후 1.02($p > 0.28$), 8시간 후 0.7($p > 0.51$), 12시간 후 1.24($p > 0.3$) 만큼 크게 나타났으나 역시 통계적 의미는 없었다. 본 연구진은 공간주파수의 대역대와 상관없이 습윤제가 콘택트렌즈 전면의

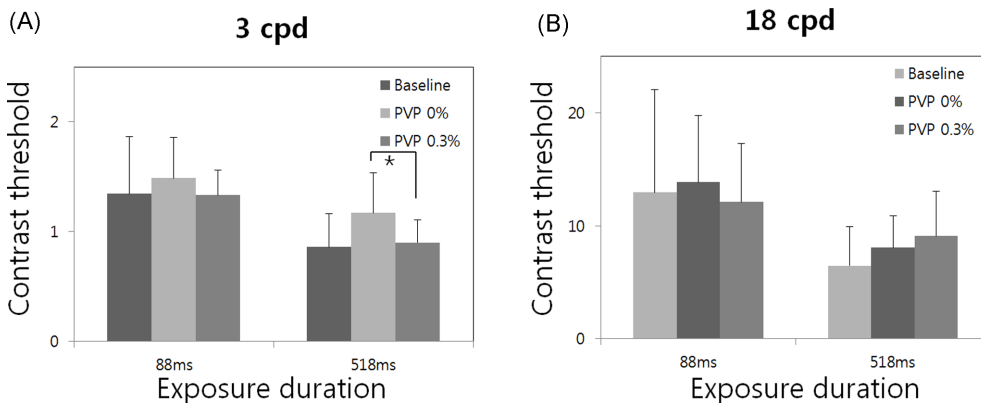


Fig. 4. Descending trend of the CS threshold average depending on PVP concentration. Except for the case of 518 ms for 18 cpd, the effects of SCLs with PVP on the CS threshold were evident. *p<0.05 indicates it is significant different from the SCL without PVP according to the paired t-test.

단했으나 분명한 효과를 보인 저역대 공간주파수와 다르게 고역대에서는 점결상을 방해하는 요소가 표면의 건조뿐만 아니라 또 다른 이유들이 있기 때문이라고 사료된다. 또한, 고역대 공간주파수의 경우 본 연구에서는 고역대 공간주파수로 18 cpd만 사용했기 때문에 콘택트렌즈의 습윤 처리에 관한 보다 의미 있는 결과를 위하여 추후 더 넓은 대역의 높은 공간주파수들을 사용하여 대비감도를 측정하고자 한다.

Fig. 4는 콘택트렌즈 착용 전 기저값을 포함한 데이터를 비교한 그래프이다. 3 cpd에서 습윤 처리를 한 콘택트렌즈의 경우 노출시간과 상관없이 기저값에 준하는 대비역치를 보여 좋은 대비감도를 보였으며 특히, 518 ms에서는 0.27($p = 0.000$)으로 통계적으로 의미 있는 결과를 보였다. 한편, 88 ms에서 18 cpd의 경우에는 오히려 기저값보다 대비역치가 0.85, 습윤 처리가 되지 않은 렌즈에 비해 1.37 낮은 경향을 보였으나 통계적 의미는 없었다(각각 $p > 0.37$, $p > 0.43$). 한편, 518 ms의 경우 역시 습윤 처리를 한 콘택트렌즈에서 대비역치가 증가하여 대비감도가 떨어지는 경향이 나타났다.

공간주파수 0.5 cpd ~ 22.8 cpd를 사용하여 콘택트렌즈의 대비감도를 측정한 Kirkpatrick은 22.8 cpd에서만 안경에 비해 렌즈 착용 일주일 후에는 5.3 ± 2.3 , 한 달 후 6.1 ± 2.7 이 떨어졌으며 콘택트렌즈뿐만 아니라 각막부종이 동시에 대비감도 저하의 원인이 되었다고 밝혔다.^[5] Kirkpatrick가 실험에 사용한 콘택트렌즈의 함수율과 표적의 노출시간은 제시되지 않았지만 높은 공간주파수에서만 대비의 저하를 보고한 점은 본 연구의 실험용 콘택트렌즈에서 3 cpd의 경우 노출시간이 길 경우 안경에 준하는 정도로 좋은 대비감도를 보였으나 공간주파수가 높은 18 cpd에서는 오히려 대비감도가 감소함을 나타내 선행연구 결과와 부합된 결과를 나타냈다. 다만, 본 연구에서는 콘택트렌즈를 뺀 직후의 대비감도를 측정하지 않아 대비감도의 저하가 각막의 부종에 기인했는지 단정할 수 없었으나 실험에 사용한 콘택트렌즈의 함수율이 55%, 산소투과율이 20×10^{-11} 이었기 때문에 그의 영향력은 크지 않았을 것이라고 생각된다. 만약, 콘택트렌즈에 의해 각막부종이 발생했었다면 각막혼탁이 미세하게 발생했거나 혼탁이 없었다 하더라도 전체굴절력에 영향을 주어 두 군 모두에서 전체적으로 대비감도를 감소시켰을 텐데 3 cpd에서 안경에 준하는 정도의 대비감도를 보인 점은 콘택트렌즈에 의한 각막부종이 무시할 수 있는 정도의 수준이기 때문이다.

콘택트렌즈를 착용한 후 발생하는 대비감도의 저하는 몇 가지 원인을 들 수 있다. 저함수 계열의 하이드로겔 렌즈는 고풍수 계열의 렌즈보다 산소투과율이 낮기 때문에 상대적 각막부종을 일으켜 대비감도를 떨어뜨릴 수 있으

며^[23] 콘택트렌즈를 착용하면 누액층의 최상위 층인 지질층이 더욱 얇아져 렌즈의 표면 건조로 인한 빛의 산란이 발생하기 때문이라는 관점^[6]도 존재한다. 그러나 어쩌면 각막뿐만 아니라 콘택트렌즈 모두에서 발생할 수도 있으며 그 이외에 아직 알려지지 않는 원인 가령, 소프트 콘택트렌즈 소재 굴절률과 누액의 굴절률 간 차이에서 발생하는 광속변화에 따른 광학적 거리변화도 포함될 수 있으리라 생각된다.

결 론

본 연구에서는 하이드로겔에 습윤제를 흡착시킨 콘택트렌즈를 착용한 경우 그렇지 않은 렌즈를 착용했을 때보다 대비감도가 증가하는지를 알아보고자 하였다. 그 결과 습윤제 흡착 처리를 한 콘택트렌즈의 착용 12시간 후에는 큰 사물(3 cpd)이 움직일 때(88 ms)나 정지되어 있을 때(516 ms) 모두에서 습윤 처리를 하지 않은 콘택트렌즈에 비해 대비감도가 증가하는 것으로 나타났다. 이것은 콘택트렌즈에 흡착된 습윤제가 표면의 건조 시작시간을 증가시켰다고 볼 수 있으며 렌즈 착용 12시간 동안 콘택트렌즈 본연의 역할을 완수했다고 간주할 수 있다. 따라서 중·근거리 시생활을 전제하는 실내 환경에서 눈의 병리학적 상태를 배제한다면 장시간 착용해도 시작업을 개선시킬 수 있을 것으로 생각한다. 한편, 작은 사물(18 cpd)의 경우 정지된 상태보다 움직이는 경우에서 대비감도가 더 증가하는 경향이 나타났다. 저역대 공간주파수에서는 노출시간과 상관없이 대비감도가 증가되었음에도 고역대 공간주파수에서 그렇지 못한 이유는 아마도 높은 분해력을 요구하는 상황에서는 표면이 건조하여 발생한 광학적 수차뿐만 아니라 다른 요인들도 복합되었기 때문이라고 생각된다. 따라서 안경에 비해 콘택트렌즈에서 나타나는 대비감도 저하는 렌즈 전면의 건조감뿐만 아니라 그 이외의 복합적인 이유가 포함되어 있는 것으로 사료된다.

다만, 본 연구에서는 고역대 공간주파수를 18 cpd 하나만 사용했기 때문에 사물의 크기와 습윤 처리에 관한 일반화를 이끌어 내기 위해서는 추후 다양한 고역대의 공간주파수를 사용하여 대비의 변화를 살펴봐야 할 필요가 있다고 생각한다.

REFERENCES

- [1] Zimmern RL, Campbell FW, Wilkinson IM. Subtle disturbances of vision after optic neuritis elicited by studying contrast sensitivity. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1979; 42(5):407-412.
- [2] Ginsburg AP, Evans DW, Sekule R, Harp SA. Contrast

- sensitivity predicts pilot's performance in aircraft simulators. *Am J Optom Physiol Opt.* 1982;59(1):105-109.
- [3] Campbell FW, Green DG. Optical and retinal factors affecting visual resolution. *J Physiol.* 1965;181(3):576-593.
- [4] Arranz I, Matesanz BM, Issolio L, Menéndez JA, Mar S, Aparicio JA. Light adaptation in letter contrast sensitivity: the influence of optical and neural mechanisms. *Lighting Res Tech.* 2014;46(4):476-488.
- [5] Kirkpatrick DL. Effect of soft contact lenses on contrast sensitivity. Master Thesis. Pacific University, Oregon. 1983;1-51.
- [6] Efron N, Brennan NA, Currie JM, Fitzgerald JP, Hughes MT. Determinants of the initial comfort of hydrogel contact lenses. *Am J Optom Physiol Opt.* 1986;63(10):819-823.
- [7] Young G. Evaluation of soft contact lens fitting characteristics. *Optom Vis Sci.* 1996;73(4):247-254.
- [8] Jones L, Brennan NA, González-Méijome J, Lally J, Maldonado-Codina C, Schmidt TA et al. The TFOS International Workshop on Contact Lens Discomfort: report of the contact lens materials, design, and care subcommittee. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2013;54(11):TFOS37-TFOS70.
- [9] Schafer J, Steffen R, Reindel W, Chinn J. Evaluation of surface water characteristics of novel daily disposable contact lens materials, using refractive index shifts after wear. *Clin Ophthalmol.* 2015;9:1973-1979.
- [10] Korb DR. Tear film-contact lens interactions. *Adv Exp Med Biol.* 1994;350:403-410.
- [11] Tranoudis I, Efron N. In-eye performance of soft contact lenses made from different materials. *Cont Lens Anterior Eye.* 2004;27(3):133-148.
- [12] Timberlake GT, Doane MG, Bertera JH. Short-term, low-contrast visual acuity reduction associated with in vivo contact lens drying. *Optom Vis Sci.* 1992;69(10):755-760.
- [13] Tutt R, Bradley A, Begley C, Thibos LN. Optical and visual impact of tear break-up in human eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2000;41(13):4117-4123.
- [14] Yañez F, Concheiro A, Alvarez-Lorenzo C. Macromolecule release and smoothness of semi-interpenetrating PVP-pHEMA networks for comfortable soft contact lenses. *Eur J Pharm Biopharm.* 2008;69(3):1094-1103.
- [15] Qiu Y, Pruitt JD, Tallau KK, Driver-Scott A, Chiang CY. Process for producing contact lenses with durable lubricious coating thereon. U.S. Patent 15/704,233. 2018:1-31.
- [16] Koh S, Maeda N, Hamano T, Hirohara Y, Mihashi T, Hori Y et al. Effect of internal lubricating agents of disposable soft contact lenses on higher-order aberrations after blinking. *Eye Contact Lens.* 2008;34(2):100-105.
- [17] Vidal-Rohr M, Wolffsohn JS, Davies LN, Cerviño A. Effect of contact lens surface properties on comfort, tear stability and ocular physiology. *Cont Lens Anterior Eye.* 2018;41(1):117-121.
- [18] Kim JM. Comparing pre-lens non-invasive TBUT with two different silicone hydrogel contact lens materials. *Korean J Vis Sci.* 2019;21(1):89-98.
- [19] Tyler CW, McBride B. The morphonome image psychophysics software and a calibrator for macintosh systems. *Spatial Vis.* 1997;10(4):479-484.
- [20] Seo JM. Analysis of the visual function in low vision patients and normals in Canada, using contrast sensitivity. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2009;14(3):83-88.
- [21] Owsley C, Sekuler R, Siemsen D. Contrast sensitivity throughout adulthood. *Vision Res.* 1983;23(7):689-699.
- [22] Campbell FW, Robson JG. Application of Fourier analysis to the visibility of gratings. *J Physiol.* 1968;197(3):551-566.
- [23] Grey CP. Changes in contrast sensitivity when wearing low, medium and high water content soft lenses. *J Br Contact Lens Ass.* 1986;9(1):21-25.

습윤제가 흡착된 콘택트렌즈가 대비감도함수에 영향을 주는 효과

윤경희¹, 이재철², 서재명^{3,*}

¹(주)인터로조 기술연구소, 이사, 평택 17744

²(주)인터로조 기술연구소, 과장, 평택 17744

³백석문화대학교 안경광학과, 교수, 천안 31065

투고일(2019년 4월 16일), 수정일(2019년 5월 21일), 게재확정일(2019년 6월 4일)

목적: 하이드로겔 콘택트렌즈에 습윤제를 처리한 렌즈를 착용한 경우 표면처리를 하지 않은 렌즈를 착용했을 때 보다 대비감도의 개선이 있는지 알아보고자 했다. **방법:** 20명을 대상으로 습윤제(PVP K90 0.3%)를 흡착시킨 콘택트렌즈와 습윤 처리가 되지 않은 콘택트렌즈를 착용하게 한 후 측정된 대비역치의 평균을 비교했다. 두 종류의 콘택트렌즈에 의한 대비감도를 측정하기 위해 Morphonome™을 사용했으며 표적은 원형 구경의 수직 정현파를 사용하여 양자택일형으로 설정했다. 두 개의 공간주파수 3 cpd와 18 cpd를 사용하여 표적의 노출시간은 88 ms와 518 ms로 설정하였다. 결과 분석으로 피어슨 상관계수와 대응표본 T검정을 사용했다. **결과:** 습윤 처리한 콘택트렌즈 착용 군은 공간주파수 3 cpd에서 노출시간과 상관없이 전반적으로 그렇지 않은 군에 비해 대비감도가 개선되었다. 특히 착용 12시간 후에는 88 ms에서는 0.2, 518 ms에서는 0.41 만큼 각각 대비역치가 통계적으로 높게 나타나 착용 시간이 길어지더라도 좋은 효과를 보이는 것으로 나타났다. 반면, 18 cpd에서 습윤 처리한 콘택트렌즈 착용 군은 표적의 노출시간에 따라 달라지는 것으로 나타났는데 88 ms에서는 대비감도의 개선되는 경향은 있었으나 통계적 의미는 없었고, 518 ms에서는 오히려 시간대별로 각각 1.02, 0.67, 1.24 만큼 대비역치가 증가하는 경향을 나타냈다. **결론:** 하이드로겔 콘택트렌즈의 습윤 처리는 전반적으로 대비감도 측정에서 안경렌즈에 비해 비슷하거나 더 개선되는 경향이 있다. 다만 고역대의 다양한 공간주파수를 대상으로 추가 연구가 필요하다고 생각된다.

주제어: 습윤제, 콘택트렌즈, 대비감도함수, 대비역치, 공간주파수, 상호침투망상 고분자