ISSN(print) 1226-5012
J Korean Ophthalmic Opt Soc. 26(3):151-160, September 2021
http://dx.doi.org/10.14479/jkoos.2021.26.3.151

Effects of the Correlation between Base Curve of Silicone Hydrogel Contact Lenses and Corneal Curvature in Dry Eyes on the Quality of Vision and Subjective Satisfaction

Ji-soo Choi[1,a], Na-ra Youn[1,b], Mijung Park[2,c], and So Ra Kim[2,d,*]

[1]Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Student, Seoul 01811, Korea
[2]Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Professor, Seoul 01811, Korea
(Received July 22, 2021: Revised August 17, 2021: Accepted August 27, 2021)

Purpose: This study aimed to figure out the effect of wearing silicone hydrogel lenses with different base curves on the quality of vision and subjective satisfaction in dry eyes. **Methods:** Forty two eyes in their twenties were classified as dry eyes based on their non-invasive break-up time, and were respectively fitted two silicone hydrogel lenses with same senofilcon A material except for base curve. Then, their corneal aberration, contrast sensitivity and subjective satisfaction were compared in three groups classified according to corneal curvature, which showed significant difference in corneal total aberration when wearing silicone hydrogel lens of each base curve. **Results:** In group A with corneal curvature below 41.70 D, a significant superior effect was shown in corneal aberration and contrast sensitivity when wearing the lens with 9.0 mm-base curve compared to the lens with 8.5 mm-base curve; however, in group B with corneal curvature of 41.70~43.24 D, statistically lower corneal aberration was measured when wearing the lens with 8.5 mm-base curve, while the contrast sensitivity showed different results by cpd. On the other hand, statistically significant difference was not observed in group C with corneal curvature over 43.25 D when wearing each lens with different base curve. In the analysis of subjective satisfaction, the vision-related discomfort tended to be higher when wearing the lens with 9.0 mm-base curve in all groups, while ocular fatigue-related discomfort showed the same tendency only in group A below 41.70 D. **Conclusions:** From the results, it was possible to suggest the base curve for silicone hydrogel lenses that shows superior effects in corneal aberration and contrast sensitivity according to the range of corneal curvature in dry eyes. Therefore, in order to increase the success rate of silicone hydrogel lenses in clinical prescription, it is necessary to manufacture silicone hydrogel lenses with several base curves to be applicable to various corneal curvature.

Key words: Silicone hydrogel contact lenses, Base curve, Corneal curvature, Corneal aberration, Contrast sensitivity

서 론

콘택트렌즈 착용의 주목적은 굴절이상을 교정함으로써 시력을 개선하는 것이다.[1] 따라서, 콘택트렌즈 착용 후 덧댐굴절검사와 교정시력을 측정하여 시각적 만족도의 평가가 이루어지게 되는데 이 때 시력은 주로 고위수차와 대비감도 측정을 통하여 평가될 수 있다. 고위수차는 시력의 질적인 부분을 방해하는 중요한 요인이며 대비감도 또한 일상적인 시작업과 매우 높은 관련성을 갖기 때문이다.[2-5] 콘택트렌즈 착용 시 시력의 질은 피팅 상태와 밀접한 연관을 가지는데 적절치 않은 피팅 상태의 콘택트렌즈 착용은 양호한 시력교정의 제공을 보장할 수 없게 된다. 또한, 콘택트렌즈의 피팅 상태는 착용자의 주관적 착용감뿐만 아니라 렌즈 착용으로 인한 눈의 생리적 기능 변화를 최소화하는 측면에서도 중요하다. 콘택트렌즈의 피팅 상태는 착용한 렌즈와 각막과의 일치 정도에 따라 결정되는데 이에 영향을 미치는 요소 중 하나로 렌즈 베이스커브를 들 수 있다. 이는 콘택트렌즈의 기본 파라미터 중 하나로 착용자의 각막곡률뿐만 아니라 가시홍채직경, 안검열의 크기에 따라 결정되어야 하는 요소로써[6], 실리콘하이드로겔 렌즈와 같이 상대적으로 큰 모듈러스를 가져 유연성이 낮은 렌즈라면 피팅 상태뿐만 아니라 착용감에도 더욱 영향을 미치는 요소로 작용할 수 있다.

실리콘하이드로겔 렌즈는 하이드로겔 렌즈 대비 높은

*Corresponding author: So Ra Kim, TEL: +82-2-970-6264, E-mail: srk2104@seoultech.ac.kr
Authors ORCID: [a]https://orcid.org/0000-0002-6691-9752, [b]https://orcid.org/0000-0003-0271-8078, [c]https://orcid.org/0000-0002-4645-7415, [d]https://orcid.org/0000-0001-8786-2815
본 논문의 일부내용은 2021년도 대한시과학회·한국안광학회 공동학술대회에서 구연으로 발표되었음

산소투과도를 가질 뿐만 아니라 건조감을 포함한 자각적, 타각적 증상 또한 감소시킨다는 장점이 알려지면서[7,8] 착용이 점점 증가하는 추세이다. 특히, 실리콘하이드로겔 렌즈의 높지 않은 함수율로 인하여 착용자의 눈물량에 따른 영향을 하이드로겔 렌즈에 비해 상대적으로 적게 받게 되므로[9] 주로 건성안에게 권장되고 있다. 그러나 건성안의 콘택트렌즈 착용 시 눈물층의 불안정과 피팅 상태는 렌즈의 건조를 가속화시킬 수 있고 이는 광학수차의 증가와 대비감도 및 시력저하로 이어져 결과적으로 착용감 및 시생활에 영향을 미치게 된다.[10,11] 선행연구 결과, 건성안에 소프트렌즈를 각각 얼라인먼트(alignment) 및 스팁(steep) 피팅 상태가 되도록 착용시켰을 때 렌즈 움직임 및 중심 안정위치의 변화에서 차이를 보이며[12], 건성안에서의 소프트렌즈 피팅 상태는 건조함의 차이를 유발하며 착용감에 영향을 미치는 것으로 밝혀졌다.[13] Javier 등[14]은 편안한 착용감을 위하여 실리콘하이드로겔 렌즈와 하이드로겔 렌즈는 베이스커브의 선택이 달라져야 함을 제안하였으며, 실제로 실리콘하이드로겔 렌즈의 처방 도수가 하이드로겔 렌즈의 경우와 다를 수 있다고 하였다.[15] 건성안에게 권장되는 실리콘하이드로겔 렌즈는 하이드로겔 렌즈와는 상이한 재질적 특성을 보임에도 불구하고 국내 유통의 실리콘하이드로겔 렌즈의 베이스커브는 하이드로겔 렌즈와 같거나 단일 또는 두 개의 베이스커브로만 제조되어 베이스커브 결정에 명확한 기준이 제시되어 있다고 보기 어려운 실정이다. 실제로 Choi 등[16]은 실리콘하이드로겔 렌즈의 피팅상태와 착용감을 조사한 선행연구에서 일반 소프트렌즈 피팅 가이드라인에 기반한 경험적 피팅법과 시험렌즈 피팅법에 따른 차이를 비교하였고, 경험적 피팅법에 따른 처방은 부적합한 피팅 상태의 원인이 될 수 있다고 하였다.

이에 본 연구에서는 건성안에게 상이한 베이스커브를 갖는 두 가지 실리콘하이드로겔 렌즈를 착용시킨 후 시력의 질과 착용감을 평가하여 각막곡률과 베이스커브의 상관관계를 파악하고 더 나아가 착용자의 각막곡률 범위에 따른 적절한 실리콘하이드로겔 렌즈의 베이스커브를 제안하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구에서는 안질환이 없고 안과적 수술 경험이 없는 근시안 중 원주굴절력이 –0.75 D 이하이며 양안 교정시력이 0.8 이상인 20대 성인을 대상으로 비침습적 눈물막 파괴시간(non-invasive tear break-up time, NIBUT)을 측정하여 10초 미만인 경우를 건성안으로 판별하였다.

최종 연구대상자는 22명(남성 11명, 여성 11명, 평균나이 23.1±1.4세)이었고, 이 중 전체난시도가 –1.00 D 이상인 2안을 제외한 총 42안으로 연구를 진행하였다. 연구에 참여한 대상자에게 실험 목적과 검사 방법에 대해 구두와 서면으로 충분히 설명한 후 동의를 얻고 검사를 진행하였다.

2. 사용 렌즈

본 연구에서는 두 개의 베이스커브(8.5 mm 및 9.0 mm)를 가진 senofilcon A 재질의 일일 착용 실리콘하이드로겔 렌즈(ACUVUE OASYS®, Johnson & Johnson Vision Care Inc, USA)를 사용하였다(Table 1).

실리콘하이드로겔 렌즈 착용 시 베이스커브의 순서는 무작위로 선정하였고, 대비감도 및 자각증상을 제외한 모든 측정은 단안으로 이루어졌다. 임상평가는 각각의 렌즈 착용 후 20분 안정화 시간을 가진 후 시행하였고, 렌즈 착용으로 인한 눈물막의 변화, 피로도 등의 영향을 최소화하기 위하여 렌즈 착용 사이에는 최소 20분의 휴식 시간을 가지도록 하였다.

3. 임상평가

1) 굴절이상도, 각막곡률 및 NIBUT 측정

대상안의 굴절이상도와 각막곡률은 자동 안굴절력계(REKTO Auto Ref-Keratometer, Dong-Yang optical, Republic of Korea)로 3회 측정한 후 평균값을 사용하였다. 평균 구면굴절력은 –1.86±1.52 D, 원주굴절력은 –0.42±0.22 D이었으며, 강주경선과 약주경선의 곡률반경은 각각 7.98±

Table 1. The specification of silicone hydrogel contact lenses used in this study

Manufacturer	Johnson&Johnson
USAN	Senofilcon A
Monomer	mPDMS[a], DMA[b], TEGDMA[c], HEMA[d], Siloxane, PVP[e]
Central thickness (@-3.00 D) (mm)	0.085
Total diameter (mm)	14.3
Base curve (mm)	8.5 / 9.0
Modulus (MPa)	0.72
Water contents (%)	38
Dk (@-3.00 D) 10^{-11}(cm^2/sec)·(mlO_2/ml·mmHg)	103
Dk/t (@-3.00 D) 10^{-9}(cm/sec)·(mlO_2/ml·mmHg)	121
FDA Group	5-C

[a]polydimethylsiloxane monomethacrylate
[b]*N,N*-dimethylacryamide
[c]tetraethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA)
[d]2-hydroxyethyl methacrylate
[e]poly(*N*-vinylpyrrolidone)

0.25 mm 및 7.83±0.27 mm이었고, 각막중심부 평균 곡률반경은 7.90±0.26 mm로 나타났다.

NIBUT는 각막 곡률측정기기(Keratometer, OM-4, Topcon, Japan)를 사용하여 연구대상안의 각막으로부터 반사된 마이어상이 일그러지거나 깨지기 시작할 때까지의 시간을 각각 3회 반복 측정한 후 평균값을 사용하였다.[17] 최종 대상안의 평균 NIBUT는 7.39±1.86 sec이었다.

2) 각막수차의 측정 및 분석

각막수차량은 각막지형도 검사기(Corneal Topographer Antares, CSO, Italy)를 사용하여 렌즈 착용 전과 베이스커브 8.5 mm와 9.0 mm 렌즈 착용 후 중심안정위치가 안정된 시점에 단안 별로 각각 3회씩 측정한 후 평균값을 사용하였다. 각막수차 분석에는 기기에 설정된 동공 크기 4 mm 및 6 mm에서 RMS(root-mean-square)로 계산된 총합(total aberration), 저위수차(lower order aberration), 고위수차(higher order aberration) 값을 사용하였다.

3) 각막곡률에 따른 연구대상안의 분류

콘택트렌즈 처방 시 각막중심부 3 mm영역을 각막곡률계로 측정한 값을 기준으로 베이스커브를 결정하는 방법이 임상에서 일반적으로 사용된다.[14,16] 이를 바탕으로 상이한 베이스커브의 두 실리콘하이드로겔 렌즈를 착용하였을 때 각막중심부 3 mm 영역에서 총 각막수차의 차이가 급격하게 변하는 약주경선의 곡률반경 값을 기준으로 연구대상안을 3개의 군으로 나누었다(Fig. 1). 즉, 베이스커브 9.0 mm 착용 시 더 작은 총 각막수차를 보이는 곡률반경 41.70 D(각막곡률반경>8.09 mm) 미만의 각막을 가지는 대상안을 A군(14안)으로 하였으며, 이와는 반대로 베이스커브 8.5 mm 착용 시 더 작은 총 각막수차를 보이는 곡률반경 41.70~43.24 D(7.80 mm<각막곡률반경≤8.09 mm)의 각막을 가지는 대상안을 B군(17안)으로 분류하였고, 베이스커브에 따른 총 각막수차 변화에서 일정한 규칙을 보이지 않는 43.25 D(각막곡률반경≤7.80 mm) 이상의 각막을 가진 대상안을 C군(11안)으로 각각 분류하였다.

4) 대비감도 측정

대비감도 시표(HDC-9000N/PF, Huvitz, Republic of Korea)를 사용하여 1.5, 3, 5, 8, 및 13 cycle/degree에서 단안, 양안 순으로 대비감도를 측정하였다. 모든 검사는 실리콘하이드로겔 렌즈 착용 전후 동일한 환경에서 외부로부터의 빛을 차단하고, 내부 조명을 350 Lx, 검사거리 1.5 m로 유지한 상태에서 진행하였다. 측정값은 로그(log) 단위를 사용하여 분석하였다.

5) 자각적 만족도의 평가

실리콘하이드로겔 렌즈 착용에 따른 자각적 만족도 평가는 각 콘택트렌즈 제거 직후 수정한 Virtual reality symptom questionnaire를 사용하여 실시하였다.[18] 시야 흐림, 빛 번짐, 눈부심, 시력변동 등 4가지 항목의 시각적 증상과 피곤함, 안통, 뻐근함, 이물감 등 6가지 항목의 안피로 증상에 대하여 5점 척도로 답하도록 하였다. 이때 해당 항목에 대한 불편감이 심할수록 높은 점수에 답변하도록 하였다.

6) 통계처리

모든 결과는 평균과 표준편차로 표시하였으며, SPSS 22 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) 프로그램을 사용하여 분석하였다. 실리콘하이드로겔 렌즈 베이스커브 간 각막수차, 대비감도 및 자각적 증상 차이 비교는 paired t-test를 실시하였으며, 두 베이스커브의 렌즈 착용 시 총 각막수차 차이에 따라 분류한 세 군 간의 비교는 비모수 통계방법인 Kruskal-Wallis test와 사후검정으로 Mann-Whitney test을 시행하였다. 모든 검정은 신뢰도 95%를 기준으로 유의성을 판단하여 $p<0.05$일 때 통계적으로 유의한 차이를 보이는 것으로 판단하였다.

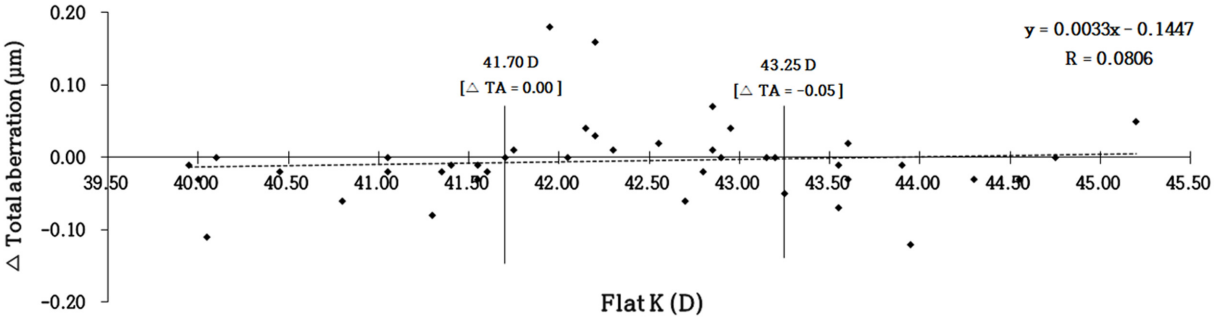

Fig. 1. Difference in corneal total aberration when wearing BC 9.0-mm and 8.5-mm lenses in a pupil area of 3 mm. △ Total aberration (△TA) was calculated by subtracting the TA with the BC 8.5-mm lens from the TA with the BC 9.0-mm lens.

결과 및 고찰

1. 각막 곡률반경에 따른 분류 시 각막수차 비교

각 군에서 실리콘하이드로겔 렌즈의 베이스커브에 따른 각막수차의 비교는 동공 영역 4 mm와 6 mm에서 각각 베이스커브 9.0 mm 렌즈 착용 시 수차량과 베이스커브 8.5 mm 렌즈 착용 시의 수차량의 차이값으로 분석하였다.

9.0 mm 베이스커브 렌즈 착용 시 각막수차가 작은 A군과 베이스커브 간 각막수차 차이가 일정치 않은 C군(p<0.001 by Mann-Whitney test) 사이와, B군과 C군(p=0.000 by Mann-Whitney test) 사이의 총 각막수차의 차이는 두 동공 영역 모두에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. 9.0 mm 베이스커브 렌즈 착용 시 A군의 경우는 동공 영역 4 mm 및 6 mm에서 총 각막수차가 감소한 반면, B 및 C군에서는 증가하였다(Table 2, 3).

각막 저위수차는 모든 동공 크기 영역에서 A군과 C군(p<0.001 by Mann-Whitney test), B군과 C군(p=0.000 by Mann-Whitney test) 간의 유의한 차이를 나타내었다. B 및 C군은 동공 영역 4 mm 및 6 mm에서 모두 8.5 mm 베이스커브 렌즈를 착용하였을 때 각막 저위수차가 감소한 반면, A군은 9.0 mm 베이스커브 착용 시 감소하여 총 각막수차와 같은 양상을 보였다(Table 2, 3). 이는 일반적으로 고위수차 양이 저위수차 대비 상대적으로 작은 크기를 가져 총 각막수차가 저위수차에 좌우되기 때문인 것으로 판단된다.

각막 고위수차를 비교한 결과, 동공 영역 4 mm에서 B군과 C군 간의 유의한 차이가 관찰되었다(p=0.001 by Mann-Whitney test). A군은 베이스커브 9.0 mm 착용 시 8.5 mm 착용 대비 감소한 각막 고위수차 양을 보인 반면, B군은 증가한 각막 고위수차 양을 나타내었다. C군의 경우는 동공 영역 4 mm에서는 9.0 mm 베이스커브의 렌즈 착용 시 각막 고위수차가 감소한 반면, 동공 영역 6 mm에서는 증가함을 알 수 있었다(Table 2, 3).

Table 2. The difference in corneal aberrations of the pupil area of 4 mm in each group when wearing silicone hydrogel lenses with different base curves

Type of aberration	△ RMS†(㎛)			p-value[a]
	A (N=14)	B (N=17)	C (N=11)	
Total	−0.053±0.051	0.028±0.047	0.015±0.056	0.000 (A,B>C)
Lower Order	−0.055±0.059	0.025±0.047	0.023±0.051	0.000 (A,B>C)
Higher Order	−0.019±0.021	0.011±0.024	−0.008±0.044	0.030 (B>C)

†Difference in root mean square(RMS) between BC 9.0 mm and BC 8.5 mm

[a]p-value was obtained by Kruskal-Wallis test, and the groups in the parenthesis was further compared by Mann-Whitney test as a post-hoc analysis

Table 3. The difference in corneal aberrations of the pupil area of 6 mm in each group when wearing silicone hydrogel lenses with different base curves

Type of aberration	△ RMS†(㎛)			p-value
	A (N=14)	B (N=17)	C (N=11)	
Total	−0.098±0.096	0.059±0.113	0.042±0.088	0.000 (A,B > C)
Lower Order	−0.099±0.122	0.052±0.096	0.050±0.150	0.002 (A,B > C)
Higher Order	−0.016±0.051	0.024±0.078	0.017±0.106	0.358

†Difference in root mean square(RMS) between BC 9.0 mm and BC 8.5 mm

[a]p-value was obtained by Kruskal-Wallis test, and the groups in the parenthesis was further compared by Mann-Whitney test as a post-hoc analysis

2. 동일한 각막 곡률반경 군에서 베이스커브 별 각막수차의 비교

가장 플랫한 각막 곡률반경을 가진 A군의 경우는 플랫한 베이스커브인 9.0 mm의 렌즈를 착용하였을 때 각막 저위수차, 고위수차 및 총 수차 모두 더 낮게 나타났으며, 저위수차와 총 수차의 경우는 동공 영역과 관계없이 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. 한편 고위수차는 동공 4 mm 영역에서만 베이스커브 8.5 mm의 렌즈 착용 시 통계적으로 유의하게 낮은 고위수차를 나타내었다(p=0.007 by paired t-test). 따라서 각막 곡률반경이 41.70 D 보다 플랫한 각막을 가진 경우라면 베이스커브 8.5 mm 렌즈보다 9.0 mm 렌즈를 착용할 때 더 우수한 시력의 질을 보일 것을 알 수 있었다(Fig. 2).

한편, B군은 A군의 경우와 달리 모든 동공 영역에서 베이스커브 8.5 mm의 렌즈 착용 시 더 낮은 각막의 저위수차, 고위수차 및 총 수차를 나타내었으며, 이 중 저위수차와 총 수차의 차이는 통계적으로도 유의한 차이이었다. 따라서 41.70~43.24 D의 각막 곡률반경을 가진 경우라면 9.0 mm의 렌즈보다 8.5 mm의 베이스커브를 가진 렌즈를 착용할 때 우수한 시력의 질을 보일 것을 예측할 수 있었다(Fig. 2).

본 연구에서 가장 스팁한 각막을 가진 C군은 모든 동공 크기 영역에서 베이스커브 별 각막의 수차에서 통계적으로 유의한 차이가 관찰되지 않았다. 이는 C군의 각막 곡률반경이 43.25 D 이상으로 본 연구에서 사용된 실리콘하이드로겔 렌즈의 베이스커브인 8.5 mm와 9.0 mm보다 훨

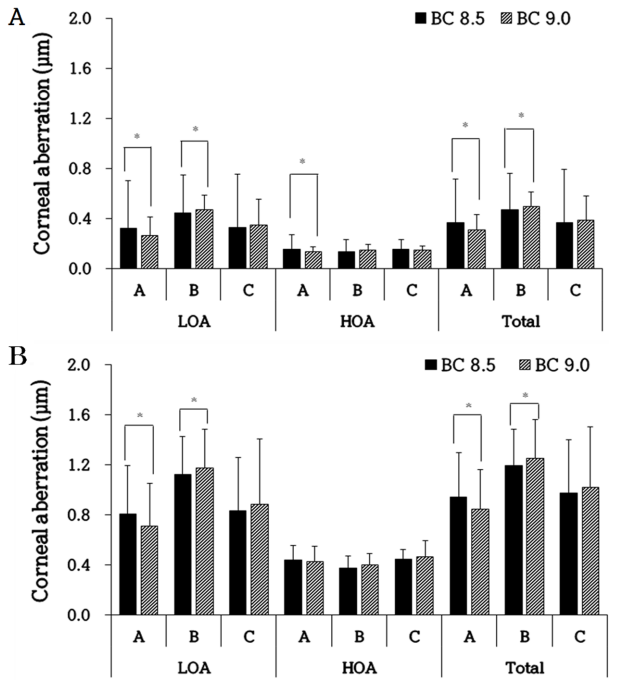

Fig. 2. Comparison of corneal aberrations in each group according to the base curves of silicone hydrogel lenses.
A. Pupil size, 4 mm, B. Pupil size, 6 mm
*p-value<0.05, significantly different from baseline value according to the paired t-test

씬 스텝하기 때문에 두 렌즈 모두 각막과의 일치도가 좋지 않아 베이스커브에 따른 각막수차에서 일관성 있는 변화 양상을 보이지 않았던 것으로 판단된다(Fig. 2).

3. 각막 곡률반경에 따른 분류 시 대비감도 차이

각 군에서 실리콘하이드로겔 렌즈의 베이스커브에 따른 대비감도 차이를 알아보고자 공간주파수 1.5, 3, 5, 8, 13 및 21 cpd에서 베이스커브 9.0 mm의 렌즈 착용 시 대비감도와 베이스커브 8.5 mm의 렌즈 착용 시 대비감도 값을 측정하고 로그값으로 변환하여 비교 분석하였다(Table 4).

공간주파수 1.5, 3, 5 및 8 cpd에서 실리콘하이드로겔 렌즈의 베이스커브 별 대비감도는 모든 대상군에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았으나, 13 및 21 cpd인 고영역대 공간주파수에서는 착용자의 각막 곡률반경에 따라 통계적으로 유의한 대비감도의 차이가 나타났다(Table 4). 사후검정 결과, 13 및 21 cpd에서 A군과 C군(p<0.01 by Mann-Whitney test) 사이, 13 cpd에서는 B군과 C군(p=0.007 by Mann-Whitney test) 사이에 유의한 차이를 나타내었다. 이는 저역대 공간주파수에서의 대비감도는 신경학적 요소에 주로 영향을 받지만, 고역대 공간주파수에서의 대비감도는 광학적 요소에 영향을 받는 경향이 있으므로[19] 베이스커브가 상이한 렌즈의 착용으로 인해 발생하는 광학적 교정 차이가 고역대의 공간주파수에서만 나타났을 것으로 사료된다.

Table 4. The difference in contrast sensitivity in each group when wearing silicone hydrogel lenses with different base curves according to the spatial frequency

cpd†	Group			p-value
	A (N=14)	B (N=17)	C (N=11)	
1.5	−0.011±0.021	−0.101±0.266	−0.060±0.285	0.629
3	0.043±0.109	0.074±0.200	0.013±0.262	0.715
5	0.056±0.187	−0.074±0.169	0.020±0.273	0.207
8	−0.046±0.272	−0.018±0.257	0.026±0.372	0.836
13	0.167±0.242	0.159±0.190	−0.069±0.221	0.015 (A > B,C)
21	0.231±0.267	0.005±0.319	−0.186±0.315	0.005 (A > C)

†cycle per degree
ap-value was obtained by Kruskal-Wallis test, and the groups in the parenthesis was further compared by Mann-Whitney test as a post-hoc analysis

4. 동일한 각막 곡률반경 군에서 베이스커브 별 대비감도의 비교

상기에서 베이스커브가 상이한 실리콘하이드로겔 렌즈 착용 시 고역대의 공간주파수에서만 유의한 대비감도의 차이를 나타내었으므로, 공간주파수 13 및 21 cpd에서의 대비감도를 각 군에서 렌즈 베이스커브에 따라 비교하였다(Fig. 3). A군은 9.0 mm 베이스커브의 렌즈 착용 시 공간주파수 13 및 21 cpd에서 통계적으로 유의하게 높은 대비감도를 나타내었다(13 cpd, p=0.023; 21 cpd, p=0.007 by paired t-test).

또한 두 베이스커브 중 더 높은 대비감도를 보인 안 수를 확인해 본 결과, 9.0 mm 베이스커브의 렌즈를 착용하였을 때 13 및 21 cpd에서 모두 높은 대비감도를 보이는 안 수가 많음을 알 수 있었다(Table 5, 6). A군의 각막 곡률반경이 41.70 D 미만으로 대상안 가운데 가장 플랫한 각막이었기 때문에 플랫한 베이스커브인 9.0 mm가 각막 형상에 적합하여 광학적 교정이 더 우수한 것으로 사료된다. 일반 소프트렌즈의 경험적 피팅법[16]에 따르면 각막 곡률반경 7.8 mm를 기준으로 이상인 경우는 플랫한 각막으로, 이하인 경우는 스텝한 각막으로 분류하여 각각 베이스커브 9.0 mm와 8.5 mm의 렌즈를 처방받게 되는데 각막 수차를 기준으로 대상안의 각막 곡률반경을 분류한 본 연구 기준에 따른 A군의 분류가 실리콘하이드로겔 렌즈의 베이스커브 선정에 보다 적절하였음을 보여준 것이라 판단된다.

B군은 공간주파수 13 cpd에서 8.5 mm 베이스커브의 렌

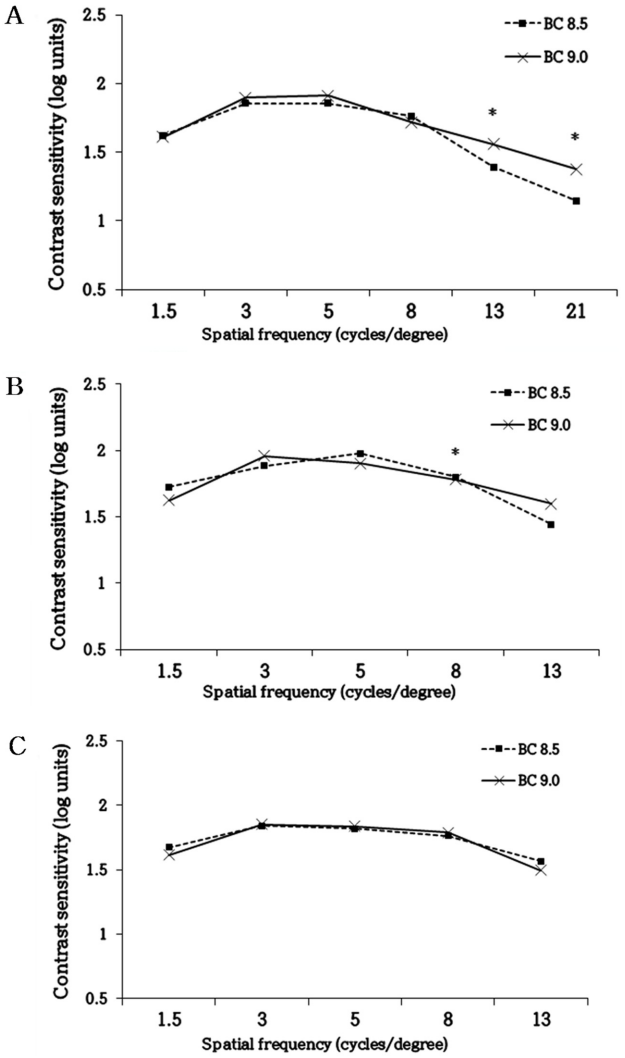

Fig. 3. Contrast sensitivity in each group when wearing silicone hydrogel lenses with two different base curves according to the spatial frequency.
A. Group A, B. Group B, C. Group C
*p-value<0.05, significantly different from baseline value according to the paired t-test

Table 5. The number of eyes with higher contrast sensitivity at 13 cpd

Group	No. of eyes with higher contrast sensitivity (%)		
	BC 8.5 mm	BC 9.0 mm	No difference
A (N=14)	1 (7.1)	8 (57.1)	5 (35.7)
B (N=17)	1 (5.9)	10 (58.8)	3 (27.3)
C (N=11)	6 (35.7)	5 (35.3)	2 (18.2)

즈 착용 시 대비감도가 평균 1.441±0.139, 9.0 mm 베이스커브 렌즈 착용 시에는 1.601±0.207으로 통계적으로 유의한 차이를 나타냈으며(p=0.003 by paired t-test), 17안 중 10안(58.8%)이 9.0 mm 착용 시 더 높은 대비감도를 보였다(Fig. 3, Table 5). 21 cpd에서는 두 베이스커브 간 대비감도의 평균값 비교에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나, 8.5 mm 베이스커브의 렌즈 착용 시 총 17안 중 8안(47.0%)으로 가장 높은 빈도를 나타내었다(Table 6). 21 cpd에서 B군의 대비감도 측정 결과, 8.5 mm 베이스커브의 렌즈 착용 시 낮은 각막수차 값을 가져 광학적 질이 우수함을 알 수 있었으나, 13 cpd에서는 낮은 대비감도를 나타내었다. 13 cpd와 21 cpd에서 B군의 상반된 대비감도 결과는 대비감도가 각막수차에만 영향을 받는 것이 아니며, 눈물층, 렌즈 광학부의 위치 등의 요인들에 의해 복합적으로 영향을 받아 나타나는 결과로 생각되었다. 따라서 본 연구에서 실리콘하이드로겔 렌즈의 베이스커브 선정을 위하여 각막수차의 차이를 기준으로 분류하였던 41.70 D ~ 43.24 D 사이 각막의 경우는 추가적인 보완을 통하여 분류를 세분화할 필요가 있다고 판단되었다.

Table 6. The number of eyes with higher contrast sensitivity at 21 cpd

Group	No. of eyes with higher contrast sensitivity (%)		
	BC 8.5 mm	BC 9.0 mm	No difference
A (N=14)	1 (7.1)	10 (71.4)	3 (21.4)
B (N=17)	8 (47.1)	5 (29.4)	4 (23.5)
C (N=11)	8 (72.7)	3 (27.3)	0 (0.0)

가장 스텝한 각막을 가진 C군은 8.5 mm 베이스커브의 렌즈 착용 시 공간주파수 13 및 21 cpd에서 대비감도가 높은 경향을 나타내었다(Fig. 3). 두 베이스커브의 렌즈 착용 시 더 높은 대비감도를 보인 13 및 21 cpd에서 모두 8.5 mm 베이스커브의 렌즈 착용 시 가장 높게 나타났다(Table 5, 6). C군의 경우는 각막곡률 반경으로만 판단하였을 때에는 두 베이스커브 중에는 8.5 mm가 더 적합한 군이지만 각막수차 분석에서는 베이스커브에 따른 유의한 차이를 보이지 않았으며, 대비감도에서도 역시 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 각막곡률 반경이 43.25 D 이상으로 스텝한 C군은 각막에 비해 본 연구에서 사용한 두 렌즈의 베이스커브가 모두 상대적으로 플랫하여 각막와의 일치도가 높지 않아 나타난 결과로 판단되었다.

5. 각막 곡률반경에 따른 분류 시 자각증상의 비교

시력 관련 증상의 주관적 평가 총 점수는 A군에서 베이스커브 8.5 mm의 렌즈 착용 시에는 1.86±2.34점, 9.0 mm의 렌즈 착용 시 2.71±3.68점으로 나타났으며, B군에서는 각각 0.57±0.98점 및 0.71±1.50점으로 나타났고, C군에서는 각각 3.50±3.39점 및 3.67±2.88점으로 나타나 스텝하게 피팅되었을 때 좋은 시력 관련 만족도를 나타내었으나 통계적으로 유의하지 않았다(Fig. 4). 안피로 관련 증상의 주관적 평가 총 점수는 A군에서 베이스커브 8.5 mm의 렌즈

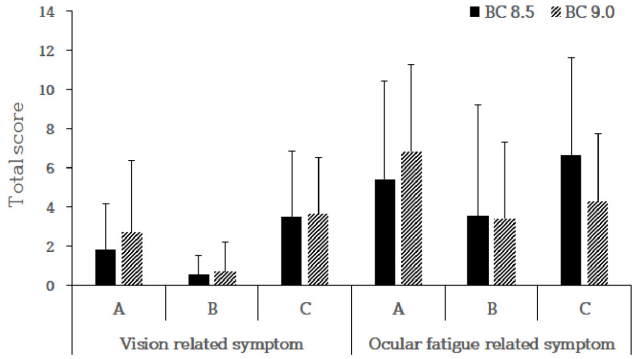

Fig. 4. Total subjective symptoms score in each group when wearing silicone hydrogel contact lenses with 8.5 mm and 9.0 mm base curves.

착용 시 5.43±5.03점, 9.0 mm의 렌즈 착용 시 6.86±4.45점이었으며 B군과 C군에서는 순서대로 각각 3.57±5.68점 및 3.43±3.91점과, 6.67±4.97점 및 4.33±3.44점으로 나타났으나 통계적으로 유의하지 않았다(Fig. 4).

선행연구 결과에서 고위수차는 빛 번짐 증상과 관련이 있으며[20] 눈의 성장에 영향을 미쳐 망막의 초점 흐림을 유발한다고 보고된 바 있으나[21], 본 연구에서 시력 관련 자각증상을 항목별로 분석한 결과 빛 번짐, 시야 흐림 증상과의 상관성을 관찰할 수 없었다(Table 7).

본 연구에서는 베이스커브가 상이한 실리콘하이드로겔 렌즈를 착용했을 때 각막수차와 대비감도를 분석하였는데 이들 결과만으로 시력 관련 자각증상의 결과와의 상관관계를 설명할 수 없었다. 이는 자각증상에 렌즈 피팅 상태, 렌즈 움직임, 렌즈 중심위치 등 다양한 요소가 영향을 미침을 시사한다. 본 연구의 목적은 실리콘하이드로겔 렌즈 착용 시 착용자의 각막곡률과 렌즈 베이스커브의 상관관계에 따라 나타나는 시력의 질을 측정하여 피팅 가이드라인을 제공함에 있었으나 착용 시간에 따른 건조함이 고려되지 않은 초기 착용 시의 착용감만 분석하였으므로 착용 시간 경과에 따른 연구가 필요한 것으로 생각되었다.

최근 안구건조 증상을 유발할 수 있는 환경에 점점 더 노출되면서 건성안의 비율이 높아지는 추세로[22] 많은 선행연구에서 건성안에서의 적절한 콘택트렌즈 처방의 필요성을 보고한 바 있으며 실리콘하이드로겔 렌즈의 처방이 고려되고 있다.[12,13] Jung 등[13]의 연구에서는 건성안의 하이드로겔 렌즈 착용 시 얼라인먼트 피팅 되었을 때보다 스텝 피팅 시 렌즈의 건조함이 증가한다고 보고되어 렌즈 피팅 상태에 따라 착용감 및 시생활에 영향을 미칠 수 있다고 하였다. 그러나 이를 실리콘하이드로겔 렌즈에도 그대로 적용하기에는 두 렌즈 간의 함수율, 모듈러스 등의 파라미터 차이로 인해 한계가 있다고 판단된다. 이에 본 연구에서는 건성안에게 베이스커브만 상이한 국내 유통의 실리콘하이드로겔 렌즈를 각각 착용시키고 통계적으로 유의한 각막수차의 차이를 보이는 각막곡률을 기준으로 분류하여 각막수차와 대비감도로 시력의 질을 비교하였다. 그 결과 각막곡률 범위에 따라 우수한 시력의 질을 나타내는 렌즈의 베이스커브가 달라짐을 밝힘으로써 본 연구에서 시도한 각막수차 기준의 착용자 분류의 적절성을 확인할 수 있었다. 따라서, 각막곡률에 맞는 적절한 실리콘하이드로겔 렌즈의 베이스커브 선택으로 건성안의 렌즈 착용에서 시생활 향상에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구의 제한점은 여러 재질의 제품으로 연구한 것이 아닌 senofilcon A 재질의 실리콘하이드로겔 렌즈로만 진행하여 수차와 대비감도 측정을 통한 베이스커브 제안이 다른 재질에서도 동일하게 적용하기에는 무리가 있다는 것이다. 렌즈의 재질적 특성에 따라 렌즈가 눈의 생리적 특성에 미치는 영향이 달라질 수 있으므로 재질을 달리한다면 본 연구의 결과와 다른 결과가 나타날 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 향후 연구에서는 이러한 요인을 보완하여 재질의 특성이 다른 다양한 렌즈에 적용함으로써 우수한 시력 개선을 제공하는 콘택트렌즈 처방에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 콘택트렌즈 피팅은 베이스커브 외에 렌즈 기하학적 디자인, 착용자의 다양한 해부생리학적 요인에 의한 영향도 있어, 착용자의 각막곡률 만으로 실리콘하이드로겔 렌즈의 베이스커브를 선정하는 데에 한계가 있었다. 따라서 이들을 고려한 추가 연구가 진행되어야 할 것이며, 특히 각막곡률이 41.70 D 보다 플랫한 각막에서의 다각적 연구가 필수적이라 판단된다.

Table 7. Comparison of vision-related subjective symptoms when wearing silicone hydrogel lenses with 8.5 mm and 9.0 mm-base curve

Subjective symptoms	Group A (N=14)		Group B (N=17)		Group C (N=11)	
	BC 8.5	BC 9.0	BC 8.5	BC 9.0	BC 8.5	BC 9.0
Blur	0.43±0.53	0.71±0.95	0.14±0.38	0.29±0.76	1.33±1.21	1.17±1.17
Glare	0.57±0.79	0.71±1.11	0.29±0.49	0.43±0.79	0.67±0.82	1.17±0.75
Photophobia	0.57±0.79	0.71±1.11	0.00±0.00	0.00±0.00	0.67±0.82	0.67±0.82
Fluctuated vision	0.29±0.49	0.57±0.79	0.14±0.38	0.00±0.00	0.83±1.33	0.67±1.21

결 론

본 연구는 건성안에서 서로 다른 두 베이스커브의 실리콘하이드로겔 렌즈를 착용하였을 때 각막의 곡률에 따라 각막수차, 대비감도 측정을 통한 시력의 질 평가와 자각증상의 차이를 비교하여 각막의 총 수차가 급격히 변하는 약주경선에 따라 세 군으로 분류할 수 있었고, 착용한 실리콘하이드로겔 렌즈의 베이스커브에 따라 각막수차와 대비감도에서 유의한 차이가 있음을 밝혔다.

각막곡률이 41.70 D보다 작은 플랫한 경우, 대비감도와 각막수차 측면에서 베이스커브 9.0 mm의 실리콘하이드로겔 렌즈 착용이 우수하였고, 각막곡률이 41.70 D~43.24 D인 경우는 각막수차 측면에서 베이스커브 8.5 mm의 착용이 우수하였으나 대비감도 측면에서 cpd에 따라 상이하였다. 각막곡률이 43.25 D보다 큰 스팁한 경우는 베이스커브 9.0 mm와 8.5 mm의 렌즈 착용 모두 대비감도와 각막수차 측면에서 모두 우수성을 확인할 수 없었다.

따라서 본 연구에서 시도된 각막수차와 대비감도 측정을 통한 시력의 질 비교와 이를 실리콘하이드로겔 렌즈의 베이스커브 선정에 적용하는 것은 학술적인 가치를 가지는 것으로 생각되었다. 또한 실리콘하이드로겔 렌즈 처방 시 성공률을 높이기 위하여서는 다양한 각막곡률에 적용 가능한 세분화된 베이스커브의 실리콘하이드로겔 렌즈를 제조할 필요성이 있음을 제안할 수 있다.

REFERENCES

[1] Kim PS, Kim SD, Kim JD, et al. A survey on contact lens care in young adolescent student. J Korean Opthalmic Opt Soc. 2014;55(1):54-58. DOI: https://doi.org/10.3341/jkoos.2014.55.1.54

[2] Ginsburg AP, Evans DW, Sekule R, et al. Contrast sensitivity predicts pilots' performance in aircraft simulators. Optom Vis Sci. 1982;59(1):105-109. DOI: https://doi.org/10.1097/00006324-198201000-00020

[3] Mitra S, Lamberts DW. Contrast sensitivity in soft lens wearers. Eye Contact Lens. 1981;7(4):315-322.

[4] Bailey MD, Walline JJ, Mitchell GL, et al. Visual acuity in contact lens wearers. Optom Vis Sci. 2001;78(10):726-731. DOI: https://doi.org/10.1097/00006324-200110000-00012

[5] 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. DOI: https://doi.org/10.1136/jnnp.42.5.407

[6] Lee JY, Youk DJ, Lee JY. A relationship between visible iris diameter and palpebral aperture size: considered to solve uncomfortable feeling of soft contact lens. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2014;19(3):285-293. DOI: https://doi.org/10.14479/jkoos.2014.19.3.285

[7] Brennan NA, Coles MLC, Comstock TL, et al. A 1-year prospective clinical trial of balafilcon A (PureVision) silicone-hydrogel contact lenses used on a 30-day continuous wear schedule. Ophthalmology. 2002;109(6):1172-1177. DOI:https://doi.org/10.1016/s0161-6420(02)01045-x

[8] Dumbleton K, Keir N, Moezzi A, et al. Objective and subjective responses in patients refitted to daily-wear silicone hydrogel contact lenses. Optom Vis Sci. 2006;83(10):758-768. DOI: https://doi.org/10.1097/01.opx.0000237547.35542.b8

[9] Song JM, Kwon S, Cho EJ, et al. Correlation between tear volume and tear film stability and protein amount deposited on soft contact lenses in dry eyes. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2019;24(1):11-19. DOI: https://doi.org/10.14479/jkoos.2019.24.1.11

[10] Dana MR, Hamrah P, Sullivan DA, et al. Lacrimal gland, tear film, and dry eye syndromes 3: basic science and clinical relevance part B, 1st Ed. New York: Springer US, 1994;1141-1147.

[11] Thai LC, Tomlinson A, Ridder WH. Contact lens drying and visual performance: the vision cycle with contact lenses. Optom Vis Sci. 2002;79(6):381-388. DOI: https://doi.org/10.1097/00006324-200206000-00012

[12] Jung DI, Lim SK, Kim SR, et al. The comparison of lens movement by the fitting states of soft contact lenses in normal and dry eyes. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2011;16(1):21-30.

[13] Jung DI, Lee HS, Kim SR, et al. The difference of tear break-up time by the fitting states of soft contact lens in normal and dry eyes. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2010;15(4):339-346.

[14] González-Cavada J, Corral O, Niño A, et al. Base curve influence on the fitting and comfort of the senofilcon A contact lens. J Optom. 2009;2(2):90-93. DOI: https://doi.org/10.3921/joptom.2009.90

[15] Lee KJ, Mun MY, Buyn JW, et al. Changes in objective and subjective responses in soft contact lens wearers refitted to daily-wear silicone hydrogel contact lenses. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2007;12(4):43-54.

[16] Choi W, Park JE, Lee KJ. Effect of base curve on silicone hydrogel contact lens fitting characteristics and comfort. Korean J Vis Sci. 2019;21(2):259-269. DOI: https://doi.org/10.17337/JMBI.2019.21.2.259

[17] Kim J, Song TH, Kim HJ, et al. A comparison of tears volume and lens movement between normal and dry eyes when wearing daily wear soft lenses with high water content. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2019;24(4):403-409. DOI: https://doi.org/10.14479/jkoos.2019.24.4.403

[18] Ames SL, Wolffsohn JS, Mcbrien NA. The development of a symptom questionnaire for assessing virtual reality viewing using a head-mounted display. Optom Vis Sci. 2005;82(3):168-176. DOI: https://doi.org/10.1097/01.OPX.

0000156307.95086.6

[19] Arranz I, Matesanz BM, Issolio L, et al. Light adaptation in letter contrast sensitivity: the influence of optical and neural mechanisms. Light Res Technol. 2014;46(4):476-488. DOI: https://doi.org/10.1177/1477153513484633

[20] Chalita MR, Chavala S, Xu M, et al. Wavefront analysis in post-LASIK eyes and its correlation with visual symptoms, refraction, and topography. Ophthalmology. 2004; 111(3):447-453. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2003.06.022

[21] Little JA, McCullough SJ, Breslin KMM, et al. Higher order ocular aberrations and their relation to refractive error and ocular biometry in children. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2014;55(8):4791-4800. DOI: https://doi.org/10.1167/iovs.13-13533

[22] Begley CG, Caffery B, Nichols KK, et al. Responses of contact lens wearers to a dry eye survey. Optom Vis Sci. 2000;77(1):40-46. DOI: https://doi.org/10.1097/00006324-200001000-00012

실리콘하이드로겔 렌즈의 베이스커브와 건성안 각막곡률의 상관관계가 시력의 질 및 자각적 만족도에 미치는 영향

최지수[1], 윤나라[1], 박미정[2], 김소라[2,*]

[1]서울과학기술대학교 안경광학과, 학생, 서울 01811

[2]서울과학기술대학교 안경광학과, 교수, 서울 01811

투고일(2021년 7월 22일), 수정일(2021년 8월 17일), 게재확정일(2021년 8월 27일)

목적: 본 연구에서는 베이스커브가 상이한 실리콘하이드로겔 렌즈의 착용이 건성안의 시력의 질과 자각적 증상에 어떠한 영향을 미치는가를 알아보고자 하였다. **방법:** 비침습적 눈물막파괴시간을 기준으로 건성안으로 분류된 20대 남녀 42안을 대상으로 베이스커브를 제외한 모든 파라미터가 동일한 senofilcon A 재질의 실리콘하이드로겔 렌즈 2종을 각각 착용시킨 후, 각 베이스커브 별 실리콘하이드로겔 렌즈 착용 시 유의한 총 각막수차의 변화를 보이는 각막곡률을 기준으로 대상안을 3군으로 나누어 각막수차, 대비감도와 자각적 만족도를 비교하였다. **결과:** 41.70 D 미만의 각막군에서는 9.0 mm 베이스커브의 렌즈 착용 시 8.5 mm 베이스커브 렌즈 대비 각막수차와 대비감도가 유의하게 우수한 것으로 나타났고, 41.70~43.24 D의 각막군에서는 8.5 mm 베이스커브 렌즈 착용 시 유의하게 낮은 각막수차를 나타내었던 반면, 대비감도는 cpd별로 상이한 값을 보임을 알 수 있었다. 한편, 43.25 D 이상의 각막군에서는 각 베이스커브의 렌즈 착용 시 모든 측정에서 통계적으로 유의한 차이가 확인되지 않았다. 자각적 만족도 분석 시 시력 관련 불편감은 모든 각막군에서 9.0 mm 베이스커브 렌즈 착용 시 높은 경향을 나타내었으나 안구피로 관련 불편감의 경우는 41.70 D 미만 각막군에서만 동일한 경향을 나타내었다. **결론:** 본 연구 결과, 건성안의 각막곡률 범위에 따라 대비감도와 각막수차 측면에서 우수한 효과를 보이는 실리콘하이드로겔 렌즈의 베이스커브를 제안할 수 있었다. 따라서 임상에서 실리콘하이드로겔 렌즈 처방 시 성공률을 높이기 위하여서는 다양한 각막곡률에 적용 가능한 세분화된 베이스커브의 실리콘하이드로겔 렌즈를 제조할 필요성이 있다.

주제어: 실리콘하이드로겔 렌즈, 베이스커브, 각막곡률, 각막수차, 대비감도

Appendix

설문지

이름:

나이:

성별: 남 / 여

본 설문은 실리콘하이드로겔 렌즈 착용 시 자각적 만족도를 알아보기 위한 것으로 다음 질문들에 대해 렌즈 착용 후 느껴지는 정도(점수가 높을수록 정도가 심함)에 표시해 주시기 바랍니다.

본 설문결과는 학술적인 용도로만 사용됩니다.

1) A 렌즈

구분	점수					
	0점	1점	2점	3점	4점	5점
시야가 뿌옇게 흐려진다						
빛 번짐이 있다						
눈부심이 있다						
눈을 깜빡일 때 시력에 변동이 생긴다						
눈을 뜨기가 힘들다						
눈이 쑤시거나 통증이 심하다.						
눈이 뻐근하다.						
초점을 맞출 때 신경이 쓰인다						
눈에 이물감이 든다						
눈이 가렵다.						

2) B 렌즈

구분	점수					
	0점	1점	2점	3점	4점	5점
시야가 뿌옇게 흐려진다						
빛 번짐이 있다						
눈부심이 있다						
눈을 깜빡일 때 시력에 변동이 생긴다						
눈을 뜨기가 힘들다						
눈이 쑤시거나 통증이 심하다.						
눈이 뻐근하다.						
초점을 맞출 때 신경이 쓰인다						
눈에 이물감이 든다						
눈이 가렵다.						