ISSN(print) 1226-5012
J Korean Ophthalmic Opt Soc. 20(2):141-150, June 2015 http://dx.doi.org/10.14479/jkoos.2015.20.2.141

각막형상 및 각막난시도가 RGP렌즈와 각막사이의 눈물양에 미치는 영향

김지혜, 김소라, 박미정*
서울과학기술대학교 안경광학과, 서울 139-743
투고일(2015년 4월 29일), 수정일(2015년 5월 22일), 게재확정일(2015년 5월 23일)

목적: 구면 및 비구면 RGP렌즈의 양호한 피팅상태에서 각막형상과 각막난시도에 따른 각막과 렌즈 사이의 부분별 눈물의 차이를 알아보고자 하였다. **방법:** 20~30대 77명(135안)을 대상으로 양호한 상태로 피팅된 구면 및 비구면 RGP렌즈를 중심부, 중간주변부, 주변부로 나눠 플루레신으로 염색된 눈물의 농도를 분석하여 눈물양을 정량화하였다. **결과:** 모든 각막형상에서 구면 RGP렌즈는 부분별 눈물양의 차이가 존재하였다. 비구면 RGP렌즈 피팅 시 대칭나비형과 비대칭나비형 각막에서는 부분별 눈물양의 차이가 있었으나, 원형과 타원형 각막은 중심부에서 주변부까지 눈물이 고르게 분포하였다. 1.25 D 이하의 각막난시군에 구면 RGP렌즈를 피팅하였을 때는 중심부와 주변부, 중간주변부와 주변부간의 눈물양 차이가 존재하였으나 1.50 D 이상의 각막난시군에서는 부분별 눈물양의 차이가 나타나지 않았다. 또한, 각막난시가 증가할수록 구면 및 비구면 RGP렌즈 모두 중심부 및 중간주변부의 눈물양이 비례하여 증가하였으며, 비구면 RGP렌즈의 경우가 증가폭이 더 컸다. **결론:** 본 연구 결과, 구면 RGP렌즈에 비해 비구면 RGP렌즈와 각막 사이의 눈물양 차이가 적었으며, 각막형상과 난시도에 따라 각막과 렌즈사이의 눈물양에 차이가 있음을 밝혔다. 또한, 본 연구를 통해 정립된 RGP렌즈와 각막사이의 상대눈물양을 측정하는 방법이 콘택트렌즈와 각막 사이의 눈물양 평가에 사용될 수 있을 것으로 보인다.

주제어: 각막형상, 각막난시도, RGP렌즈 피팅, RGP렌즈 디자인, 눈물양

서 론

각막지형검사기(corneal topography)의 발전은 과거에 중심부 각막의 부분만 측정할 수 있던 한계를 벗어나 각막 주변부의 형태까지 측정이 가능해 지면서 각막 전면의 곡면 형태를 재구성하여 그래픽화 할 수 있게 되었다. 이처럼 각막 지형의 재현이 가능하게 되면서 각막 형태에 대한 다양한 분석이 이루어 졌다. Bogan 등[1]은 각막형상을 원형(round), 타원형(oval), 대칭나비형(symmetric bow tie), 비대칭나비형(asymmetric bow tie), 부정형(irregular)으로 분류하였으며, 각 지형의 난시도가 각막형상에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보이는 것으로 밝혀졌다.[1,2] 또한 원추각막 환자의 경우 특징적인 각막형상을 가지게 되어 각막 지형의 분류가 정상 각막과 병적인 각막을 분류하는데 중요한 역할을 하게 되었다.[3-5] 콘택트렌즈 피팅에도 각막지형검사기를 통한 정보가 활용되어 각막의 곡률반경과 난시도 측정값과 더불어 각막 형태에 대한 자료는 콘택트렌즈 피팅에 기초적인 자료로 사용될 수 있으며 이와 관련된 연구가 진행되고 있다.[6-8]

콘택트렌즈를 이용한 각막난시의 교정은 크게 두 가지로 분류된다. 소프트콘택트렌즈를 이용한 방법과 하드콘택트렌즈를 이용하는 방법이 있고, 이 중 하드콘택트렌즈는 각막과 렌즈 사이의 눈물렌즈로 각막난시를 교정하는 방법으로 사용되고 있다. 하드콘택트렌즈 착용시 피팅 상태는 대부분 렌즈 주변부로부터 영향을 받기 때문에 중심부부터 주변부까지 난시정도를 중요시 여겨 피팅에 고려하여야 한다. 하드 콘택트렌즈의 기초인 PMMA 렌즈는 1947년에 디자인 되었다. 산소불투과성 재질인 PMMA를 개선한 CAB(cellulose acetate butylate)재질의 낮은 산소투과성의 하드 콘택트렌즈가 1977년 처음 소개된 이후로 silicone acrylate, fluorosilicon acrylate 등과 같은 재질이 개발되어 산소투과도가 높으며 습윤성이 개선된 현재의 RGP(rigid gas permeable)렌즈의 형태를 갖추었다.[9]

RGP렌즈의 경우 높은 산소투과성을 가진 반면 재질 특성상 유연성이 없기 때문에 소프트콘택트렌즈보다 각막형태에 의한 영향이 더 크게 되어 RGP렌즈가 양호한 피

*Corresponding author: Mijung Park, TEL: +82-2-970-6228, E-mail: mjpark@seoultech.ac.kr

팅상태가 되려면 콘택트렌즈 후면부의 형태와 각막 전면부의 형태가 일치되어야한다. 하지만 처방되는 RGP렌즈의 경우 각 제조회사에 따라 각기 다른 기준으로 제조되고[10] 있고 난시도와 평균 이심률 등과 같은 파라미터를 고려하여 구면 혹은 비구면 RGP렌즈를 제조하기 때문에 다양한 개개인의 각막형상을 고려하여 RGP렌즈를 처방하는 것이 또한 쉽지 않다. 게다가 RGP렌즈 피팅은 제조회사의 가이드라인에 따라 각막 난시도와 각막 곡률반경만을 고려하여 이루어지고 있기 때문에 가장 양호한 상태의 피팅상태에서도 각막형상 요인에 의한 차이를 보인다는 것이 다양한 연구결과를 통해 밝혀지기도 했다.[6-8,11,12]

Carney[13]의 연구에서는 곡률반경을 이용한 피팅상태에 영향을 주는 것은 각막의 지형도와 연관이 된다고 밝혔으며, van der Worp 등[14]의 연구에 의하면 정상안에서 RGP 렌즈 착용감을 최적화하기 위하여서는 각막 중간 주변부의 형상이 중요하다고 하였고 실제로 이를 고려한 피팅이 편안한 착용감을 느낀다고 하여 착용감과 피팅상태가 각막의 위치에 따라 상이할 수 있음을 알 수 있다. 그리고 제조회사의 가이드라인에 따랐을 때의 피팅 상태의 차이를 연구하여 각막과 RGP렌즈 사이의 간극(gap)과 위치별 눈물양에 대해 밝힌 임 등[11]의 연구와 각막지형과 RGP렌즈 디자인이 렌즈 움직임에 영향을 미친다는 박 등[12]의 연구를 통하여 실제 임상에서 각막에 맞는 RGP렌즈의 처방을 위해서는 각막과 렌즈의 간극이 중요함을 알 수 있다. 그러나 각막과 RGP렌즈 사이에 존재하는 중심부와 주변부 눈물양을 플루레신 염색패턴 사진을 통하여 대략적인 평가를 실시한 박 등[6-8]의 연구에서처럼 임상에서나 연구에서 각막과 렌즈 사이의 간극을 정확하게 분석할 수 있는 수단이 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 각막과 렌즈 사이의 눈물양을 수치로 정량화하여 구면 및 비구면 RGP렌즈 중심부부터 주변부까지 눈물분포의 차이를 제시하고 이를 통하여 RGP 렌즈 피팅시 각막형상과 각막난시도별로 가장 양호한 피팅상태를 나타내는 RGP렌즈의 디자인을 선택하는데 도움을 주고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상

안질환 및 안과적 수술경험이 없는 20~30대 211명을 Bogan의 분류법[1]에 따라 분류하여 일정한 형상을 나타내지 않는 각막형상인 부정형 각막을 제외한 원형, 타원형, 대칭나비형, 비대칭나비형의 각막을 가지며(Table 1), 직난시이면서 난시도가 0.00~2.75 D 범위에 해당하는 대상안 중 RGP렌즈를 착용하는 데 이상이 없으며 실험에 동의한 남자 44명(78안, 25.6±2.9세), 여자 33명(57안, 24.7±2.6세)을 최종 연구대상으로 하였다(Table 2).

Table 1. Distribution of the subjects' corneal type

Corneal type	No. eye	Ratio(%)
Round	18	13.3
Oval typed	46	34.1
Symmetric bow tie	49	36.3
Asymmetric bow tie	22	16.3
Total	135	100.0

Table 2. Distribution of the subjects' corneal astigmatism

Corneal astigmatism(D)	Mean±SD	No. eye	Ratio(%)
0.00 ~ 0.50	0.36±0.18	23	17.0
0.75 ~ 1.25	1.00±0.20	48	35.6
1.50 ~ 2.00	1.69±0.19	36	26.7
2.25 ~ 2.75	2.47±0.20	28	20.7
Total	1.37±0.73	135	100.0

Table 3. Specifications of RGP lenses

	Spherical RGP lens	Aspherical RGP lens
Brand name	AIR(blue)	CORNEA 2(blue)
Over all diameter(mm)	9.3	9.9
Optic zone(mm)	7.5	7.0
Base curve(mm)	7.30 ~ 8.40 (0.05)	7.30 ~ 8.40 (0.05)
Central thickness(mm)	0.15	0.15
Back vertex power(D)	−3.00	−3.00
Material	Silicon acrylate	Silicon acrylate
Dk	50	75

2. 사용 RGP렌즈

실험에 사용된 구면(Air, 시선, Korea) 및 비구면(CORNEA 2, 시선, Korea) RGP렌즈는 제조회사, 중심두께, 재질, 정점굴절력 및 베이스커브는 동일하나 전체직경이 다르고 Dk값에 차이가 있는 RGP렌즈였다(Table 3).

3. 각막형태 및 각막난시 측정

각막지형검사기(Corneal topography CT-1000, Shin-nippon Commerce, Japan)를 이용하여 각막지형을 측정한 후 각막형상을 분류하였고, RGP렌즈 곡률반경은 각막곡률계(Keratometer SO-21, Shin-nippon, Japan)로 3회씩 측정한 평균값을 사용하였다.

4. RGP렌즈 피팅 및 평가

RGP렌즈의 양호한 정적피팅상태는 세극등현미경(SL-7F, Topcon, Japan)과 플루레신 종이(Fluorescein paper strips, HAAG-STREIT AG, Switzerland)를 이용하여 평가하여 양호한 피팅상태의 렌즈를 착용하게 하였고, 세극등현미경에 장착된 카메라(Nikon D200, Nikon Corporation, Japan)를 이용하여 정적피팅상태를 촬영하였다.

5. RGP렌즈와 각막사이 눈물양 분석

착용한 RGP렌즈와 각막 사이 눈물양의 분석은 플루레신 염색 부위를 크게 세 부분으로 나누어 실시하였다. 즉, 1) 직경이 다른 구면과 비구면 RGP렌즈를 중심부 반경 0~1.5 mm, 2) 중간주변부 반경 1.5~3.5 mm, 3) 양호한 피팅 상태에서 눈물둘레의 간격인 가장자리부터 중심부 방향으로 1.2 mm 너비의 둘레를 주변부로 하여 렌즈와 각막사이의 부분으로 나누었다(Fig. 1).

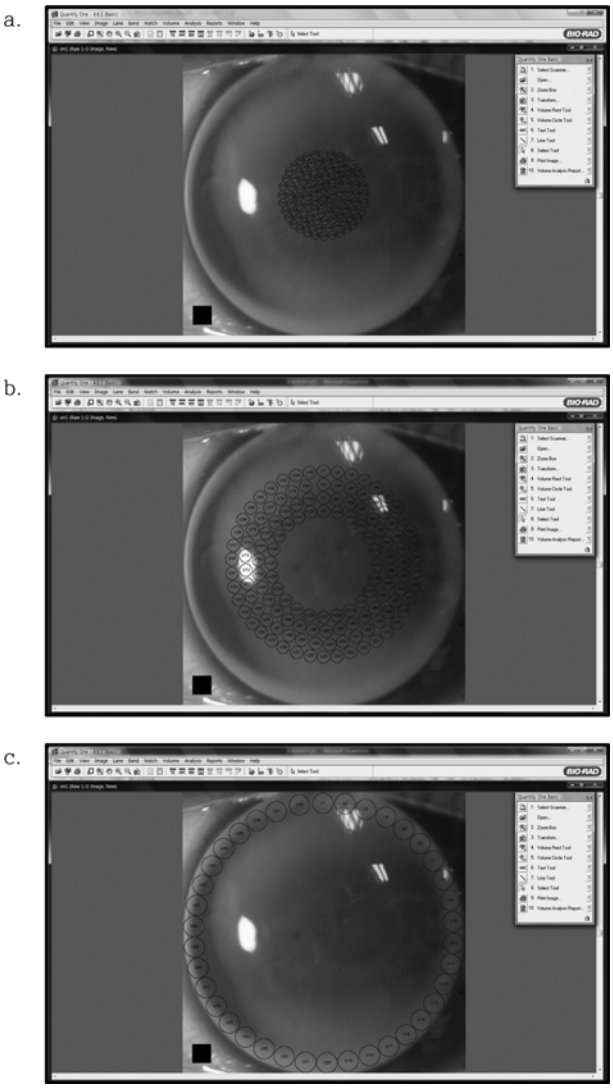

Fig. 1. Analysis of tear volume by Quantity One Software. a. center, b. mid-center, c. peripheral

렌즈와 각막사이의 부분별 눈물양의 분석을 위하여 플루레신으로 염색된 각막 사진을 Photoshop Software(Adobe photoshop 7.0.1, Adobe Systems Incorporated, United States)을 이용하여 렌즈 부분을 가로, 세로의 길이가 같게 렌즈 사이즈에 맞춰 자른 후 회색음영으로 변환을 시켰다. 변환시킨 사진의 눈물양은 농도의 분석이 가능한 Quantity One Software(Quantity One 4.6.3, Bio-Rad)를 이용하여 플루레신으로 염색된 구면과 비구면 RGP렌즈의 중심부, 중간주변부, 주변부의 눈물농도를 분석하였다(Fig. 1).

각 사진별 염색된 플루레신의 양, 농도 및 촬영시점에 따른 눈물양의 차이와 사진별 밝기 차이를 보정하기 위해 사진마다 홍채의 가장 어두운 부분의 농도를 분석하여 이 부분의 농도를 기준으로 중심부, 중간주변부, 주변부 영역을 상대비로 구한 후, 다시 주변부를 기준으로 하여 중심부와 중간주변부의 상대비를 구하였다. 모든 사진의 주변부의 농도를 100%로 하여 중심부와 주변부의 상대적인 눈물농도를 구하였기 때문에 사진마다 절대적인 농도 차이를 보정하여 분석하였다. 빛 반사상이나 속눈썹에 가려진 부분은 제외하고 분석을 실시하였고 농도가 높을수록 눈물양이 많은 것으로 하여 비교 분석하였다.

6. 통계처리

동일한 디자인의 RGP렌즈에서 각막형상과 난시도에 따른 부분별 눈물양 차이와 각막형상에 따른 부분별 눈물양의 변화는 일반선형분석을 통한 one-way ANOVA를 실시하였고, Tukey HSD의 방법으로 사후검정을 실시하였다. 착용한 RGP렌즈의 디자인에 따른 부분별 눈물분포의 차이는 대응표본 검정을 통한 Paired t-test를 실시하였고 난시도 변화에 따른 부분별 눈물양의 변화는 단순선형회귀분석(Simple regression analysis)을 통해 상관성을 분석하였다. 모든 통계분석은 SPSS 12.0KO for Windows를 이용하여 실시하였고 유의확률 0.05미만을 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 보았다.

결과 및 고찰

1. RGP렌즈 디자인에 따른 각막형상과 눈물분포의 상관관계

1) 구면 RGP렌즈 피팅시 각막형상별 눈물분포

원형 각막에서 구면 RGP렌즈 피팅시 영역별 상대 눈물양의 차이는 주변부 100.0%를 기준으로 하였을 때 중심부 79.4%, 중간주변부 84.4%로 주변부로 갈수록 눈물양의 차이가 증가하는 것으로 나타났다(Fig. 2a). 타원형 각막의 경우도 중심부에서 주변부로 갈수록 상대눈물분포율이 증

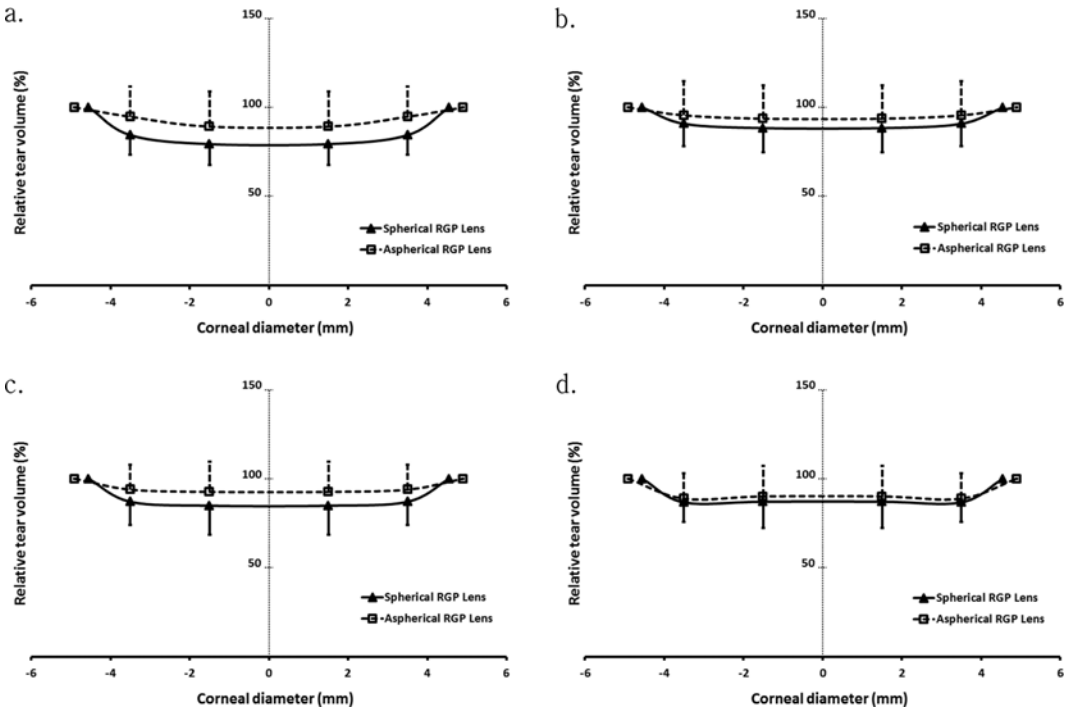

Fig. 2. Relative tear volume of spherical and aspherical RGP lens by corneal type.
a. round-typed cornea, b. oval-typed cornea, c. symmetric bow tie-typed cornea, d. asymmetric bow tie-typed cornea

Table 4. Statistical analysis of relative tear volume by corneal type

Lens design	Corneal type	P-value			
		One-way ANOVA test	Post hoc test		
			Center vs mid-center	Center vs peripheral	Mid-center vs peripheral
Spherical	Round	0.000*	0.209	0.000*	0.000*
	Oval	0.000*	0.538	0.000*	0.000*
	Symmetric bow tie	0.000*	0.620	0.000*	0.000*
	Asymmetric bow tie	0.000*	0.995	0.000*	0.000*
Aspherical	Round	0.125	0.511	0.104	0.601
	Oval	0.119	0.824	0.110	0.328
	Symmetric bow tie	0.011*	0.884	0.013*	0.048*
	Asymmetric bow tie	0.011*	0.950	0.035*	0.016*

*Significantly different from each group compared by one-way ANOVA test, $p<0.05$

가하는 것으로 나타났으나 중심부 88.4%, 중간주변부 90.8%, 주변부 100.0%로 원형 각막보다 부분별 눈물양 차이가 적었다(Fig. 2b). 대칭나비형 각막이 구면 RGP렌즈를 착용했을 경우 중심부 84.9%, 중간주변부 87.1%, 주변부 100.0%로 중심부에서 주변부로 갈수록 상대눈물분포율이 증가하였으며 원형 각막보다는 부분별 눈물양 차이가 상대적으로 적었으나 타원형 각막보다는 컸다(Fig. 2c). 비대칭나비형 각막에서도 부분별로 눈물분포에 차이를 보였지만 원형, 타원형, 대칭나비형 각막이 중심부, 중간주변부, 주변부 순으로 상대눈물분포율이 증가한 것과 다르게 비대칭나비형 각막은 중심부가 87.2%, 중간주변부가 86.8%의 상대눈물분포율을 나타내 중심부의 눈물양이 중간주변부에 비해 오히려 더 많았다(Fig. 2d).

모든 형상의 각막에서 중심부와 중간주변부의 눈물양은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나 중심부와 주변부 눈물양, 중간주변부와 주변부 눈물양이 통계적으로

유의한 차이를 보였다(Table 4).

2) 비구면 RGP렌즈 피팅시 각막형상별 눈물분포

원형 각막에 비구면 RGP렌즈를 착용하였을 때의 상대 눈물분포율은 중심부 89.2%, 중간주변부 94.7%, 주변부 100.0%로 구면렌즈를 착용하였을 때 보다 중심부, 중간주변부, 주변부 간의 눈물양 차이가 적어 부분별 차이가 통계적으로 유의하지 않았다(Fig. 2a, Table 4). 비구면 렌즈의 이러한 양상은 구면 렌즈를 착용한 경우 중심부, 중간주변부 및 주변부의 눈물분포양이 통계적으로 유의하였다는 것과 차이가 있는 결과이며, 구면 및 비구면 RGP렌즈간의 눈물양 비교 결과 중심부 눈물양과 중간주변부 눈물양 모두 두 렌즈간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다(Table 5).

타원형 각막의 경우에도 중심부 93.7%, 중간주변부 95.5%, 주변부 100.0%로 중심부에서 주변부까지 눈물분포양의 차이가 적었으며 통계적으로도 유의한 차이가 아니었다(Fig. 2b). 구면렌즈의 경우는 타원형 각막에서 각 부분별 눈물양의 차이가 통계적으로 유의하여 비구면렌즈의 경우 구면렌즈의 전체적인 눈물양의 차이값이 구면렌즈보다 상대적으로 적음을 알 수 있었다. 구면 및 비구면 RGP렌즈간의 눈물양을 비교하였을 때 중심부와 중간주변부 모두 통계적으로 유의하지 않아 타원형 각막에서 구면과 비구면 RGP렌즈간의 눈물양 차이가 크지 않음을 알 수 있었다(Table 5).

대칭나비형 각막의 경우에는 중심부 92.7%, 중간주변부 94.0%, 주변부 100.0%로 부분별 눈물양이 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Fig. 2c, Table 4). 사후검정 결과를 통해 중심부와 중간주변부간의 차이는 통계적으로 유의한 차이가 없이 고르게 분포하지만 중심부와 주변부, 중간주변부와 주변부의 눈물양에 차이가 있어 통계적으로도 유의하다는 것을 확인할 수 있었다(Table 4, 5). 구면 및 비구면 RGP렌즈간의 눈물양 비교 결과 중심부 눈물양과 중간주변부 눈물양 모두 두 렌즈 간에 통계적으로 유의한 차이가 있었다(Table 5).

Table 5. Statistical analysis of tear volume between spherical RGP lens and aspherical RGP lens by corneal type

	Spherical RGP lens *vs* aspherical RGP lens	
Corneal type	Center	Mid-center
Round	0.003*	0.000*
Oval	0.058	0.062
Symmetric bow tie	0.000*	0.000*
Asymmetric bow tie	0.424	0.528

*Significantly different from each group compared by paired t-test, $p<0.05$

비대칭나비형 각막의 경우에는 주변부 100.0%를 기준으로 중심부 90.1%, 중간주변부 88.8%의 눈물양 분포를 보였으며 각 부분별로 통계적으로 유의한 눈물양 차이가 나타났다(Fig. 2d, Table 4). 사후검정 결과, 중심부와 중간주변부의 눈물은 통계적으로 유의한 차이가 없이 고르게 분포하지만 주변부와 중심부, 주변부와 중간주변부의 눈물분포에 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 4). 이러한 결과는 구면 렌즈 피팅시와 마찬가지로 비구면 렌즈 피팅시에도 중심부부터 주변부까지 눈물이 고르게 분포하지 않는다는 것을 의미하는 것이다. 비대칭나비형 각막의 경우 두 디자인의 RGP렌즈를 피팅하였을 때 상대눈물분포양이 비슷한 것을 확인할 수 있었다(Table 5).

2. RGP렌즈 디자인에 따른 각막난시와 눈물분포와의 상관관계

1) 구면 RGP렌즈 피팅시

구면 RGP렌즈를 각막난시도가 0.00~0.50 D인 각막에 피팅하였을 때, 상대눈물양이 중심부 82.0%, 중간주변부 83.4%, 주변부 100.0%로 다른 각막난시도군의 눈물양에 비해 낮았다(Fig. 3a). 각막난시도 0.75~1.25 D 범위의 각막에서는 중심부 84.5%, 중간주변부 86.6%, 주변부 100.0%로 각막난시도 0.00~0.50 D 범위의 각막보다 중심부 및 중간주변부와 주변부간의 눈물양 차이가 적었다(Fig. 3b). 각막난시도가 1.50~2.00 D 범위의 각막에서 중심부 88.4%, 중간주변부 90.6%, 주변부 100.0%의 눈물양을 나타냈고 2.25~2.75 D 범위의 난시도를 가진 각막의 경우 중심부 87.4%, 중간주변부 90.1%, 주변부 100.0%로 1.50~2.00 D와 2.25~2.75 D 난시도군간의 상대눈물분포정도가 비슷하였으며 각막난시가 낮은 군보다 상대눈물양이 더 많았다(Fig. 3c, 3d).

모든 각막난시도군에서 구면 RGP렌즈를 착용하였을 때 중심부와 중간주변부 영역의 눈물양의 차이는 통계적으로 유의한 차이가 없어 중심부와 중간주변부간 눈물양이 고르게 분포하였지만 주변부와의 차이는 통계적으로 유의한 차이를 보여 주변부에 비해 중심부와 중간주변부의 상대 눈물양에 차이가 있음을 알 수 있었다(Table 6).

각막난시도와 부분별 눈물양과의 상관관계를 분석하였을 때 구면 RGP렌즈 착용시 중심부는 난시도와 상대눈물양 상관관계의 추세선 기울기는 3.0382, R값이 0.1535인 양의 상관관계를 가지고 있었으며 중간주변부는 추세선 기울기 3.6865, R값이 0.2231인 양의 상관관계를 가지고 있었다(Fig. 4a).

2) 비구면 RGP렌즈 피팅시

비구면 RGP렌즈를 피팅하였을 때 0.00~0.50 D 각막난

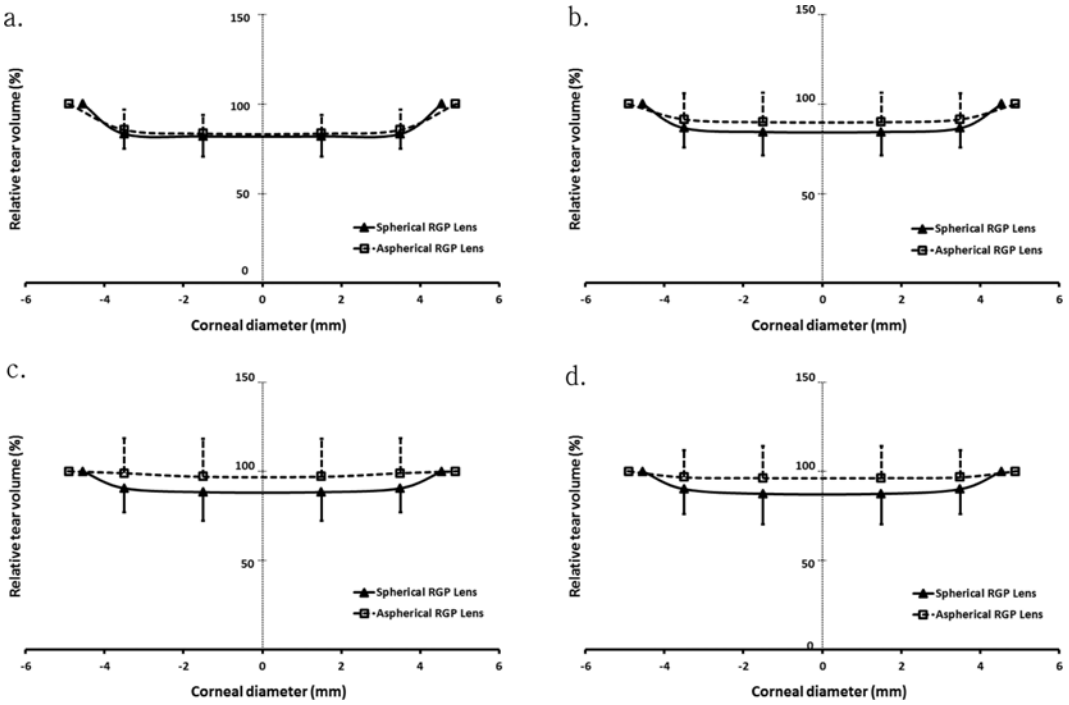

Fig. 3. Relative tear volume of spherical and aspherical RGP lens by corneal astigmatism.
a. C 0.00~0.50 D, b. C 0.75~1.25 D, c. C 1.50~2.00 D, d. C 2.25~2.75 D

Table 6. Statistic analysis of relative tear volume by corneal astigmatism

Lens design	Corneal astigmatism (D)	P-value			
		One-way ANOVA test	Post hoc test		
			Center vs mid-center	Center vs peripheral	Mid-center vs peripheral
Spherical	0.00 ~ 0.50	0.000*	0.807	0.000*	0.000*
	0.75 ~ 1.25	0.000*	0.519	0.000*	0.000*
	1.50 ~ 2.00	0.000*	0.624	0.000*	0.002*
	2.25 ~ 2.75	0.001*	0.705	0.001*	0.013*
Aspherical	0.00 ~ 0.50	0.000*	0.670	0.000*	0.000*
	0.75 ~ 1.25	0.000*	0.826	0.000*	0.004*
	1.50 ~ 2.00	0.735	0.863	0.721	0.965
	2.25 ~ 2.75	0.545	0.996	0.580	0.636

*Significantly different from each group compared by one-way ANOVA test, $p<0.05$

시도군에서는 주변부 눈물양 100.0%를 기준으로 중심부 83.5%, 중간주변부 85.6%의 눈물양을 나타내어 구면 RGP렌즈에서와 마찬가지로 더 높은 각막난시도 각막보다 중심부와 중간주변부의 상대눈물양 차이가 가장 컸다(Fig. 3a). 0.75~1.25 D 각막난시도군에서는 중심부 90.0%, 중간주변부 91.5%, 주변부 100.0%의 상대눈물양을 나타내 0.00~0.50 D 각막난시도군에서보다 부분별 눈물양 차이가 적었다(Fig. 3b). 1.50~2.00 D 각막난시도군의 경우 중심부 97.0%, 중간주변부 99.0%, 주변부 100.0%의 눈물양을 나타냈고, 2.25~2.75 D 각막난시도군은 중심부 96.2%, 중간주변부 96.7%의 눈물양을 나타내어 구면 RGP렌즈에서처럼 각막난시가 낮은 각막에서보다 부분별 눈물양 차이가 적어 중심부, 중간주변부, 주변부의 눈물양 차이가 거의 없었다(Fig. 3c, 3d).

모든 각막난시도군에서 비구면 RGP렌즈를 착용하였을 때 중심부와 중간주변부 영역의 눈물양의 차이는 통계적으로 유의한 차이가 없어 중심부와 중간주변부간 눈물양이 고르게 분포함을 알 수 있었다. 중심부 또는 중간주변

Table 7. Statistical analysis of tear volume between spherical RGP lens and aspherical RGP lens by corneal astigmatism

	Spherical RGP lens *vs* aspherical RGP lens	
Corneal astigmatism (D)	Center	Mid-center
0.00 ~ 0.50	0.558	0.399
0.75 ~ 1.25	0.016*	0.032*
1.50 ~ 2.00	0.002*	0.001*
2.25 ~ 2.75	0.008*	0.027*

*Significantly different from each group compared by paired t-test, $p<0.05$

부와 주변부의 눈물양 차이는 0.00~0.50 D와 0.75~1.25 D 각막난시도군에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타났으나 1.50~2.00 D와 2.25~2.75 D 각막난시도군은 통계적인 유의성이 없어 각막난시에 따라 부분별 눈물양 차이가 달라짐을 알 수 있었다(Table 6).

구면 RGP렌즈와 비교하였을 때 0.00~0.50 D 각막난시도군에서는 중심부와 중간주변부 눈물양 모두 비구면 RGP렌즈 피팅시 통계적으로 유의한 차이가 없었으나 나머지 각막난시도군에서는 중심부와 중간주변부 모두 구면 RGP렌즈와 비구면 RGP렌즈간의 눈물양에 통계적으로 유의한 차이가 있었다(Table 7).

각막난시도와 부분별 눈물양과의 상관관계를 분석하였을 때 비구면 RGP렌즈 착용시 중심부는 난시도와 상대눈물양 상관관계의 추세선 기울기는 6.0458, R값이 0.2532인 양의 상관관계를 가지고 있었으며 중간주변부는 추세선 기울기가 5.7463, R값은 0.2624인 양의 상관관계를 가지고 있어(Fig. 4b), 구면렌즈보다 비구면렌즈에서 각막난시와의 상관성이 더 큼을 확인하였다. 즉, 비구면 RGP렌즈의 경우 상대눈물분포도가 각막난시에 의해 더 큰 영향을 받음을 알 수 있었다.

각막형상별로 구면 및 비구면 RGP렌즈 피팅시 눈물분포의 차이를 분석한 결과 분포정도에 차이가 있는 것을 확인할 수 있었다. 구면 RGP렌즈 피팅시 모든 각막형상에서 중심부에서 중간주변부까지 눈물양에는 차이가 없이 고르게 분포하였으나 중간주변부에서 주변부로 갈수록 상대적으로 눈물양이 많아지면서 중심부부터 주변부까지 전체적인 눈물분포는 고르지 않았다. 모든 각막형상에서 부분별로 눈물양에 차이가 존재하였지만 구면 RGP렌즈 피팅시 렌즈의 주변부 부분의 각막과 렌즈사이의 간격이 벌어지면서 주변부의 눈물양이 중심부와 중간주변부에 비해 상대적으로 많아졌기 때문에 모든 각막형상에서 중심부, 중간주변부, 주변부의 눈물양에 차이가 발생하여 중심부부터 주변부까지 고르지 못한 눈물분포를 보인 것으로 사료

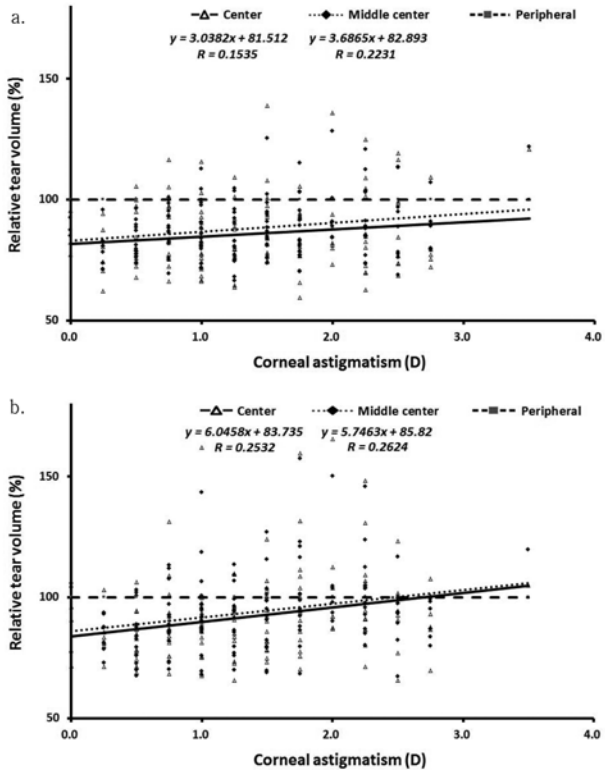

Fig. 4. Correlation between corneal astigmatism and relative tear volume.
a. spherical RGP lens, b. aspherical RGP lens

된다.

비구면 RGP렌즈와 각막사이의 눈물양은 모든 각막형상에서 구면 RGP렌즈에 비해 중심부 및 중간주변부의 눈물양과 주변부의 눈물양차이가 적었으며 이러한 결과는 구면 및 비구면 RGP렌즈의 주변부 디자인[16] 차이로 각막과 렌즈사이의 간극이 달라져 눈물양에 차이가 나는 것으로 생각된다. 또한, 비구면 RGP렌즈 피팅시에는 구면 RGP렌즈와 달리 원형과 타원형 각막에서는 중심부, 중간주변부, 주변부 간의 눈물양 차이가 적어 눈물분포가 고르게 나타났으며 이러한 결과는 두 각막형상 굴절력이 주변부로 갈수록 완만해지는 정도가 비교적 일정하게 나타나는 형상이기 때문에[15] 비구면 RGP렌즈 피팅시 렌즈에 의한 압력이 규칙적인 각막형상에 고르게 전해지면서 각막과 렌즈사이의 눈물양이 고르게 나타난 것으로 추측된다. 반면에 대칭나비형 각막과 비대칭나비형 각막의 경우는 중심부, 중간주변부, 주변부 간의 눈물양 차이가 통계적으로 유의한 차이가 있어 원형 각막과 타원형 각막에 비해 부분별 눈물양 차이가 있음을 알 수 있었다. 따라서 본 연구를 통하여 비구면 RGP렌즈라 하더라도 대칭나비형 각막과 비대칭나비형 각막에서는 눈물양이 고르게 존재하지 않음을 알 수 있었다.

각막형상에 따라 구면 RGP렌즈와 비구면 RGP렌즈에서

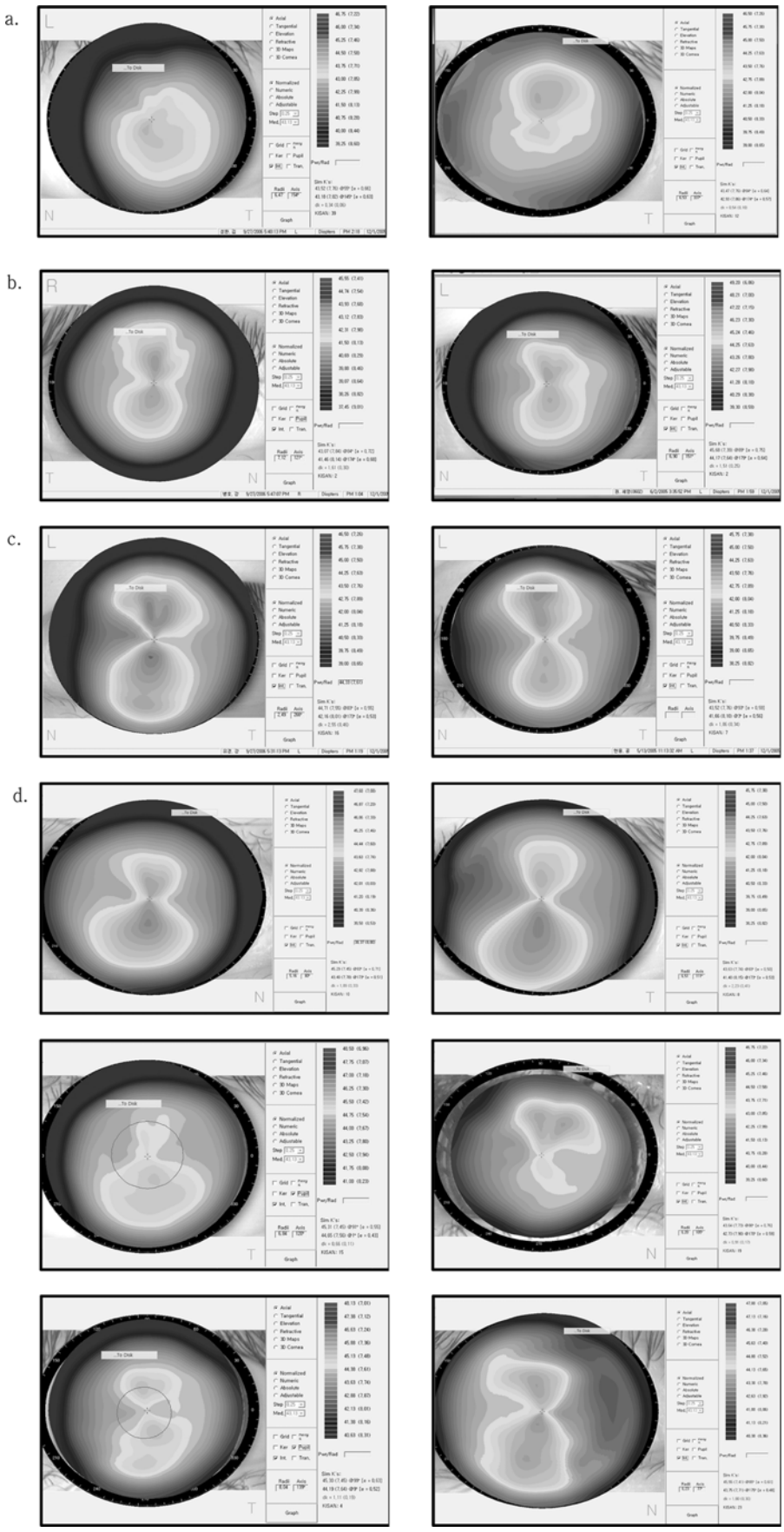

Fig. 5. Representative corneal topographies.
a. round-typed cornea, b. oval-typed cornea, c. symmetric bow tie-typed cornea, d. asymmetric bow tie-typed cornea

중심부, 중간주변부, 주변부에서의 상대눈물양에 차이가 있는 지를 알아보았을 때 다른 각막 형상보다 비대칭나비형 각막에서의 두 렌즈간 눈물양 차이가 컸다. 이러한 결과는 각막형상이 좌우 및 상방부와 하방부가 대칭성이 존재하는 다른 각막형상에 비해 비대칭나비형 각막은 상대적으로 비대칭적이기 때문인 것으로 보여진다(Fig. 5).

구면 RGP렌즈 피팅시 난시도별 눈물분포는 모든 난시도에서 중심부에서 중간주변부까지는 눈물양의 차이가 없이 고르게 분포하지만 주변부 눈물양과는 차이가 있는 것으로 나타났다. 난시도에 따라 부분별 눈물양에 차이가 있어 난시도가 증가할수록 중심부 및 중간주변부와 주변부와의 눈물분포양 차이가 많아지는 경향을 보였으며 이러한 결과는 구면 RGP렌즈 가장자리의 경우 각막형태와 렌즈 가장자리 곡률이 일치하지 않는 구면 RGP렌즈 디자인의 특성으로 인해 주변부의 눈물양이 상대적으로 많아 나타난 결과라고 사료된다.

비구면 RGP렌즈 피팅시에는 1.50 D 이상의 난시도에서 중심부부터 주변부까지 눈물양의 차이가 없이 고르게 분포하는 것으로 나타났다. 이는 난시도가 높아질수록 각막의 경선별 굴절력의 차이가 커지게 되는데 중심부커브와 각막 들림을 위한 엣지부분의 주변부 커브만 있는 구면 RGP렌즈와 달리 비구면 RGP렌즈의 경우 다중커브로 되어 있어 렌즈의 커브가 주변부로 갈수록 편평해 지므로[17,18] 각막과 렌즈 사이의 간격이 구면 RGP렌즈에 비해 비구면 RGP렌즈 피팅시 높은 난시도에서 주변부의 눈물양이 상대적으로 적어 중심부부터 주변부까지 눈물양의 차이가 없이 고르게 분포하는 것으로 생각된다.

결 론

RGP렌즈 디자인에 따른 각막형상별 눈물분포를 분석한 결과 구면 RGP렌즈 피팅시 중심부와 중간주변부간의 눈물양 차이는 없고 중심부와 주변부, 중간주변부와 주변부간의 눈물양은 차이가 있어 모든 각막형상에서 부분별 눈물양이 고르지 않음을 알 수 있었다. 비구면 RGP렌즈는 대칭나비형과 비대칭나비형 각막에서 중심부 및 중간주변부의 눈물양이 주변부의 눈물양과 차이가 있었지만 원형과 타원형 각막에서는 차이가 없었다. 즉, 원형과 타원형 각막은 비구면 RGP렌즈 피팅시 중심부, 중간주변부, 주변부의 차이가 없는 고른 눈물분포를 보이지만 대칭나비형 및 비대칭나비형 각막에서는 구면 RGP렌즈와 마찬가지로 부분별 눈물양 차이가 존재한다는 것을 알 수 있었다. 각막형상별로 부분별 눈물양 변화는 차이가 없는 것으로 나타나 각막형상 간 눈물양의 차이보다는 같은 각막형상 안에서 렌즈 디자인에 의한 눈물양의 차이가 더 큼을 알 수 있었다.

RGP렌즈 디자인에 따른 난시도별 눈물분포를 분석한 결과 구면 RGP렌즈 피팅시 모든 각막난시도에서 중심부 및 중간주변부의 눈물양이 주변부의 눈물양과 차이가 있어 부분별 눈물양이 고르게 분포하지 않는 것으로 나타났다. 비구면 RGP렌즈를 피팅한 0.00~1.25 D의 각막난시군 역시 중심부부터 주변부까지 눈물이 고르게 분포하지 않았지만 1.50~2.75 D 의 상대적으로 높은 각막난시를 가진 눈에서는 비구면 RGP렌즈 피팅시 구면 RGP렌즈 피팅시와는 다르게 부분별 눈물양 차이가 나타나지 않아 전체적으로 고른 눈물분포를 보였다. 또한, 각막난시가 증가할수록 구면 RGP렌즈와 비구면 RGP렌즈 모두 중심부 및 중간주변부의 눈물양이 비례하여 증가하였으며, 비구면 RGP렌즈의 경우가 증가폭이 더 컸다.

본 연구에서는 구면 및 비구면 RGP렌즈 피팅시 각막과 렌즈 사이의 눈물을 플루레신 염색을 통해 눈물양 정량화를 시도하였고 그 결과 중심부부터 주변부까지 눈물분포를 비교하여 더 고른 눈물분포를 나타내는 디자인의 RGP렌즈 선택을 위한 사항을 제시해 보았다. 본 연구를 통해 각막의 형상을 고려하여 제작된 비구면 RGP렌즈와 각막형상을 고려하지 않은 구면 RGP렌즈의 눈물분포를 비교하였을 때 일부 각막형상과 난시도에서 RGP렌즈 디자인에 따른 눈물분포 양상의 차이가 나타나지 않는 것을 확인할 수 있었다. 따라서, 각막의 형상 요소들을 고려한 최적의 RGP렌즈 디자인 선택을 위하여 지속적인 연구가 필요할 것이라고 생각된다.

감사의 글

본 연구는 2015년 서울과학기술대학교 교내 연구비의 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

[1] Bogan SJ, Waring GO, Ibrahim O, Drews C, Curtis L. Classification of normal corneal topography based on computer-assisted videokeratography. Arch Ophthalmol. 1990;108(7):945-949.

[2] Kim SR, Gil JY, Park CW, Kim JH, Park M. The analysis of corneal patterns in Korean 20s by corneal topography and corneal radii by astigmatic degree. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2011;16(3):273-281.

[3] Rabinowitz YS. Videokeratographic indices to aid in screening for keratoconus. J Refract Surg. 1995;11(5):371-379.

[4] Maeda N, Klyce SD, Smolek MK, Thompson HW. Automated keratoconus screening with corneal topography analysis. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1994;35(6):2749-2757.

[5] Lim L, Wei RH, Chan WK, Tan DT. Evaluation of kera-

toconus in Asians: Role of Orbscan II and Tomey TMS-2 corneal topography. Am J Ophthalmol. 2007;143(3):390-400.
[6] Park EH, Kim SR, Park M. A comparison of the contact areas between cornea and RGP lenses by fitting status. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2012;17(3):255-264.
[7] Park EH, Kim SR, Park M. The comparison of fluorescein patterns between spherical RGP lens and aspherical RGP lens by corneal type and astigmatic degree. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2012;17(1):37-45.
[8] Park EH, Kim SR, Park M. A Relationship between corneal eccentricity and stable centration of RGP lens on cornea. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2012;17(4):373-380.
[9] Anthony JP, Lynne S. Contact lenses, 5th Ed. London: Butterworth-Heinemann, 2007;17-18.
[10] Choi KS. The contact lens manual a practical guide to fitting, 3rd Ed. Seoul: Deahakseorim, 2005;153-161.
[11] Lim SG, Lee MH, Choi SM, Park SH, Kim SR, Park M. A relationship between corneal type, corneal astigmatism and lens fitting states and the stable centration of spherical RGP lens. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2012;17(2):143-151.
[12] Park SI, Lee SE, Kim SR, Park M. A comparison of the movement of aspheric RGP lens on cornea by the amounts of keratometric astigmatisms using keratometer and corneal topography. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2011;16(2):123-133.
[13] Carney LG. Corneal topography changes during contact lens wear. Contact Lens J. 1975;5:5-16.
[14] Eef van der W, John de B, Ben L, Gildas M, Fred H. Optimising RGP lens fitting in normal eyes using 3D topographic data. Cont Lens Anterior Eyes. 2002;25(2):95-99.
[15] Gonzalez-Meijome JM, Villa-Collar C, Montes-Mico R, Gomes A. Asphericity of the anterior human cornea with different corneal diameters. J Cataract Refract Surg. 2007; 33(3):465-473.
[16] Douthwaite WA. Contact lens optics and lens design, 3rd Ed. London: Butterworth-Heinemann, 2006;111-112.
[17] Choi KS. The contact lens manual a practical guide to fitting, 3rd Ed. Seoul: Deahakseorim, 2005;120-123.
[18] Robert F, Luigi L, Angela LR. Contact lens practice, 1st Ed. London: Blackwell Scientific Publications, 1994;34-35.

The Effects of Corneal Type and Corneal Astigmatism on Tear Volume between Rigid Gas Permeable Lens and the Cornea

Jihye Kim, So Ra Kim, and Mijung Park*

Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 139-743, Korea
(Received April 29, 2015: Revised May 22, 2015: Accepted May 23, 2015)

Purpose: In the present study, a difference in tear volume between the cornea and the rigid gas permeable (RGP) lens relative to corneal shape and corneal astigmatism was investigated by the alignment fitting status of spherical and aspherical RGP lenses. **Methods:** Spherical and aspherical RGP lenses were fitted with alignment in 77 subjects (135 eyes) who were in their 20~30s. Tear volume stained with fluorescein was qualitatively analyzed by dividing cornea into center, mid-peripheral and peripheral parts. **Results:** For the spherical RGP lens fitting, tear volume differences were found in each part in all corneal types. For the aspherical RGP lens fitting, tear volume differences were in each corneal part in symmetric bow tie- and asymmetric bow tie-type corneas. However, the tear was equally distributed from the center to the peripheral part in round- and oval-type corneas. In the group with corneal astigmatism lower than 1.25 D, tear volume between center and peripheral parts, and mid-peripheral and peripheral parts, was different when a spherical RGP lens was fitted. However, tear volume in each part was not different in the group with corneal astigmatism over 1.50 D. Moreover, the tear volumes of the central and mid-peripheral parts were proportionally increased with increasing corneal astigmatism in both spherical and aspherical RGP lenses. Furthermore, aspherical RGP lenses showed greater increments than spherical RGP lenses. **Conclusions:** The results revealed that the difference in tear volume between aspherical RGP lens and cornea was less than spherical RGP lens, and the difference in tear volume varied according to corneal shape and astigmatism. In addition, the method of measuring relative tear volume between RGP lens and cornea that was established in the present study can be used to evaluate tear volume between contact lens and cornea.

Key words: Corneal type, Corneal astigmatism, RGP lens fitting, RGP lens design, Tear volume