

역방향 실리콘 하이드로겔 렌즈 착용에 따른 각막 굴절력 변화

김수현, 신동민, 정주현*

건양대학교 안경광학과, 대전 302-718

투고일(2013년 7월 26일), 수정일(2013년 8월 22일), 게재확정일(2013년 9월 14일)

목적: 본 연구는 역방향(Everted) 실리콘 하이드로겔 렌즈 착용 후 각막 굴절력의 변화에 대하여 연구하였다. **방법:** 각막 굴절력의 변화를 알아보기 위해 corneal topographer(CT-1000, Shin-nippon Co., Japan)를 이용하여 주경선 굴절력과 각막난시를 측정하였고, 굴절이상도 변화는 자동굴절검사기(Natural vision-K 5001, Shin-nippon Co., Japan)를 이용하여 타각적 굴절검사를 실시하였다. 렌즈 착용 전과 착용 1주일 후의 변화를 알아보았다. **결과:** 각막 굴절력의 변화를 본 결과 경도 근시에서 보다 효과적으로 각막 굴절력을 교정할 수 있었고, 각막의 강주경선의 굴절력이 클수록, 각막난시가 많을수록 각막 놀림이 많았다. 대상자의 73%가 1 D이하의 타각적 굴절이상도 감소를 보였고, 17%가 굴절이상도가 증가하는 역효과가 나타났다. 타각적 굴절이상도의 감소는 각막 굴절력이 크고 각막난시가 많을 때 효과적이었다. **결론:** 역방향 하이드로겔 렌즈에 의해 각막놀림이 야기될 수 있고, 이는 각막 굴절력과 각막난시, 타각적 굴절이상도에 따라 정도의 차이가 발생하였다. 렌즈의 파라미터를 변경하기 힘든 점을 고려하여 적절한 대상자의 선정이 중요할 것으로 사료된다.

주제어: 역방향 실리콘 하이드로겔 렌즈, 각막 굴절력 변화, 각막지형도, 각막굴절교정술

서 론

각막의 형태학적 변화를 유도하여 시력을 개선시키려는 노력은 오래전부터 시행되었다. 중국인들은 잠을 잘 때 모래주머니를 눈꺼풀 위에 올려놓고 각막의 편평화를 유도해 시력이 개선되도록 하였고,^[1] 일반 RGP렌즈의 착용으로도 각막 만곡도가 편평해지고 난시도 감소한다는 사실이 알려지면서 비수술 각막굴절교정술(orthokeratology)이 발전하게 되었다.^[2-4] 비수술 각막굴절교정술의 초기에는 RGP렌즈의 곡률반경을 변형시켜 사용하다가 1962년 Jessen^[5]에 의해 Orthofocus란 이름으로 도입되어 역기하렌즈(reverse geometry lens)가 사용되고 있다. 이는 각막 만곡도보다 편평한 경성렌즈를 착용하여 일시적으로 근시와 난시를 감소시키는 방법으로 플랫폼 베이스커브의 렌즈가 각막 중심부에 압력을 가하여 각막중심부 상피가 중심주변부로 이동하여 각막중심부 새그깊이(sagittal depth)가 감소하며 그 결과 각막 굴절력이 감소하는 근시교정효과가 나타난다고 알려져 있다.^[6] 렌즈의 디자인이 개발되기 전에는 각막의 형태학적 변형으로 인한 각막의 구조 및 기능의 안정성에 대한 우려와, 시력교정에 대한 낮은 예측도 등으로 인한 문제가 제기되었으나 현재에는 근시

교정수술에 두려움이 있는 성인이나 굴절교정수술을 시행하지 못하는 소아에 처방되고 있고, 수술 후 시력이 불안정한 환자에게도 처방되는 등 처방범위가 넓어지고 있다.^[8]

역기하렌즈의 근시안에 대한 시력 교정 효과 및 안정성에 대해서는 이미 국내외 여러 논문들에서 보고된 바 있다.^[9-11] 하지만 국내에서 실시된 한 설문조사 결과, 렌즈를 처방한 후 대상자의 50% 이상이 렌즈의 중심이탈을 경험하게 되고 그 외에 각막미란, 교정시력 불량, 알레르기 등의 부작용을 접하게 된다고 보고하였다.^[11]

최근 연구에서 역방향(inside out or everted)으로 착용한 경도(modulus)가 높은 실리콘 하이드로겔 렌즈로 인해 역기하렌즈와 유사한 각막형상의 변화가 나타났다고 보고되었다.^[12-18] Soft lens orthokeratology에 대한 최초의 개념은 2004년 Caroline에 의해 시작되었는데,^[19] 고도의 굴절이상을 가지고 있는 근시안에게 경도가 높은 연속착용(extended wear) 실리콘 하이드로겔 렌즈를 처방한 후 사후검사 과정에서 환자의 원거리 흐림 증상의 호소에 의해서 발견되었다. 검사결과 이 환자의 각막 지형도가 orthokeratology 또는 LASIK 수술 후 환자의 각막지형도와 비슷한 형태로 나타났고, 세극등 현미경 검사에서 렌즈 회사의 상표와 제품번호가 반전되어있는 것을 관찰하고,

*Corresponding author: Ju-Hyun Jeong, TEL: +82-42-600-6330, E-mail: jengju@konyang.ac.kr

렌즈의 역방향 착용으로 인해 각막지형과 굴절이상에 영향을 미쳤다는 것을 알게 되었다. 이때 환자가 역방향 착용으로 인한 불편함을 전혀 느끼지 못했다는 것을 강조하였다.^[13,14,18] 또한 경도가 상대적으로 높은 실리콘 하이드로겔을 뒤집어 보면 중심부와 중간주변부가 편평해져 있고, 그 상태로 착용한 후 플루오레신 패턴을 보면 경성 각막굴절교정렌즈와 유사한 압력이 작용하는 것으로 보인다.^[12,20]

-9.50 D의 실리콘 하이드로겔 렌즈를 이용한 Caroline^[16]의 연구에서는 1주일 후 -1.00 D의 교정효과를 얻었고, Feldman^[14]은 -7.50 D의 렌즈를 사용하여 1주일 착용 후, -2.00 D의 굴절교정효과를 보였다고 언급하였으며, 김 등은 -10.00 D의 렌즈를 1주일 착용 후 평균 0.47 D의 굴절이상도가 감소하였다고 하였다.^[20] 역방향 실리콘 하이드로겔 렌즈에 의한 각막 굴절력의 교정 효과는 경도가 높을수록, 렌즈의 굴절력이 높을수록 효과적인 것으로 알려져 있는데 착용자의 각막형상과 착용렌즈의 도수에 따라 교정효과가 다를 수 있다고 하였다.^[17]

소프트렌즈 각막교정술(soft lens orthokeratology)에 의해 각막 형상과 굴절이상의 변화에 대한 연구가 진행되는 가운데, 교정효과에 대해 예측이 가능(predictable)하고 효과적인(effective) 방법을 개발하기 위해 여러 변수를 확인해 봐야 할 것으로 생각된다. 이에 저자들은 역방향 실리콘 하이드로겔 렌즈에 의한 각막 굴절력 변화에 영향을 미칠 수 있는 여러 변수에 대해 연구하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상자

특별한 안질환이 없고 각막굴절교정수술 경험이 없으며

매일 수면 중 8시간 이상 콘택트렌즈 착용이 가능한 대학생 15명(30안)을 대상으로 실시하였다. 연구 대상자의 평균 연령은 24.27(±2.63)세이며 남자가 9명(60%), 여자가 6명(40%)이었다(Table 1).

2. 실리콘 하이드로겔 콘택트렌즈 착용과 피팅

본 연구에 사용된 렌즈는 저자들의 이전 연구와 동일한 렌즈를 사용하였다^[20]. 이는 Lotrafilcon A 재료의 실리콘 하이드로겔 렌즈로 Dk/t가 175로 연속착용이 가능하다. 후면광학부 곡률반경은 8.6 mm이고 직경은 13.8 mm이며 상측 정점 굴절력은 -10.00 D의 렌즈를 착용하였다(Table 2). 모든 대상자가 동일하게 착용하기 전, 육안으로 렌즈를 뒤집어 중심부와 중간주변부가 편평해진 상태를 확인하고 역방향으로 착용하게 하였다. 렌즈를 착용하여 안정시킨 후 하이드로겔 렌즈에서 안정성이 인증된 fluora safe(AL-ROSE enterprises, USA)를 사용하여 형광 염색하고 세극등 현미경을 이용하여 렌즈의 피팅상태를 평가하였다. 렌즈를 역방향으로 착용하기 전과 후의 변화를 알아보기 위해 수면 중 최소 8시간 이상 착용하였고, 다음날 아침에 렌즈를 제거한 후 3시간 내에 검사를 받도록 하였다.

3. 각막 굴절력 검사와 타각적 굴절검사

대상자의 각막 굴절력의 변화를 검사하기 위해 corneal topographer(CT-1000, Shin-nippon Co., Japan)를 이용하여 강주경선, 약주경선의 굴절력과 각막난시를 측정하였고, 굴절이상도 변화는 자동굴절검사기(Natural vision-K 5001, Shin-nippon Co., Japan)를 이용하여 타각적 굴절검사를 실시하였다. 저자들의 이전 연구^[20]에서 역방향 실리콘 하이드로겔 렌즈를 착용한지 5일과 1주일 간의 차이가 거의 없었기 때문에 모든 검사를 렌즈 착용 전, 렌즈 착용 1주일 후에 시행하여 렌즈 착용으로 인한 변화를 알아보았다.

Table 1. Clinical data for both eyes and subject demographics

Subject data	N	Mean±SD	Range
Age (Years)	15	24.27±2.63	22 to 31
Gender mix	15	9 males; 6 females	
Sphere power (D)	30	-2.32±1.92	1.00 to -6.75
Cylinder power (D)	30	-0.91±0.76	-0.25 to -3.25
Cylinder Axis (°)	28	With-the-rule	180±20
	2	Against-the-rule	90±20
Steep K power (D)	30	43.51±1.81	40.53 to 46.42
Steep K radius (mm)	30	7.77±0.33	7.27 to 8.33
Flat K power (D)	30	42.57±1.53	40.05 to 45.18
Flat K radius (mm)	30	7.95±0.29	7.47 to 8.43
Corneal astigmatism (D)	30	0.98±0.59	0.25 to 2.44

Table 2. Summary of lens parameters

Base curve (mm)	8.6
Diameter (mm)	13.8
Power (D)	-10.00
Material	lotrafilcon A
Water content	24%
Oxygen transmittance (Dk/t)	175
Center thickness (@-3.00D) (mm)	0.08
Modulus (g/mm ²)	120

결 과

1. 타각적 굴절이상도에 따른 비교

등가구면(spherical equivalent) 굴절력을 타각적 굴절이상도의 기준으로 하였는데 이는 이전 저자들의 연구결과,^[20] 주로 구면 굴절력의 변화가 많고 실린더 굴절력의 변화는 적게 나타났기 때문이다. 등가구면 굴절력을 기준으로 원시와 정시군, 2 D 이하의 근시군, 2 D 초과와 4 D 이하의 근시군, 4 D 초과와 6 D 이하의 근시군으로 분류하여 그룹 I, II, III, IV로 이름을 붙이고 각 그룹의 등가구면 굴절이상도와 각막 굴절력 변화를 비교하였다. 전체 대상자 중 그룹 I는 13%, 그룹 II는 20%, 그룹 III는 50%, 그룹 IV는 17%의 분포를 나타냈고, 각 그룹의 굴절력의 평균은 0.34 D, -1.04 D, -3.05 D, -5.33 D이다 (Table 3).

1) 굴절이상도 변화

각 그룹의 굴절이상도 감소량과 감소율을 Table 3에 나타내었다. 그룹 I은 역으로 0.04 D 원시량이 늘어났고, 그룹 II에서는 전체 근시량의 25.88%정도인 0.27 D의 근시가 감소하였고, 그룹 III는 0.55 D, 그룹 IV는 0.68 D 감소하였다. 절대적인 양의 차이를 나타내는 감소량을 기준으로 보면 근시량이 많을수록 감소량은 많아지지만 상대적인 양의 차이를 나타내는 감소율을 기준으로 보면 네 그룹 중 굴절이상도 감소에 가장 효과적인 그룹은 그룹 II 인걸 알 수 있다. 이는 원시보단 근시가, 근시량이 많은 것 보단 적을수록 효과적인 것을 알 수 있다.

2) 각막 굴절력 변화

각 그룹의 강주경선 각막 굴절력 감소량과 감소율을 Table 3에 나타내었다. 4 D 초과와 6 D 이하의 근시군인 그룹 IV가 0.26 D 감소하여 각막 놀림이 가장 적었고 다른 세 그룹에서는 각막 놀림의 정도가 각각 0.60 D, 0.52 D, 0.67 D로 비슷했다.

두 결과를 종합해 보면 실리콘 하이드로겔 콘택트렌즈의 역방향 착용으로 인해 근시량이 많을수록 감소량이 많았고, 감소율은 2 D 이하의 근시에서 가장 크게 나타났고, 4 D 이하의 근시에서 각막 놀림이 일정했던 것으로 보아 2 D 이하의 근시에서 보다 효과적으로 각막의 굴절력을 교정할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

2. 강주경선에 따른 각막 굴절력 변화

각막의 강주경선 굴절력을 기준으로 43 D 이하의 근, 43 D 초과와 44 D 이하의 근, 44 D 초과와 45 D 이하의 근으로 분류하여 그룹 A, B, C로 이름을 붙이고 각 그룹의 각막 굴절력 변화를 비교하였다(Table 4). 각 그룹은 33.3%로 고른 분포를 보였고, 강주경선의 굴절력이 상대적으로 작은 그룹 A는 0.40 D, 그룹 B는 0.50 D, 상대적으로 큰 굴절력을 갖고 있는 그룹 C는 0.80 D 감소한 것으로 보아 강주경선의 굴절력이 클수록 각막 놀림이 많은 것으로 나타났다.

3. 각막 난시에 따른 각막 굴절력 변화

각막의 난시량을 기준으로 1 D 이하의 근, 1 D 초과와 2 D 이하의 근, 2 D 초과와 3 D 이하의 근으로 분류하여 각각 그룹 i, ii, iii으로 이름을 붙이고 그룹의 각막 굴절력 변화를 분석

Table 3. Decrements and decrement rate of spherical equivalent and steep K power in group I~IV

	N (%)	Spherical equivalent				Steep K power			
		Baseline (D)	After 1 week (D)	Decrement (D)	Decrement rate (%)	Baseline (D)	After 1 week (D)	Decrement (D)	Decrement rate (%)
Group I	13	0.34±0.30	0.38±0.27	0.04	0.4	44.48 ±1.79	43.88±1.42	-0.60	-1.35
Group II	20	-1.04±0.73	-0.77±1.64	-0.27	-25.88	43.05±2.03	42.53±1.62	-0.52	-1.20
Group III	50	-3.05±0.58	-2.50±0.70	-0.55	-18.03	43.28±1.67	42.61±1.80	-0.67	-1.55
Group IV	17	-5.33±1.17	-4.65±1.18	-0.68	-12.76	43.96±1.27	43.70±1.05	-0.26	-0.59

Table 4. Decrements and decrement rate of steep K power in group A~C

	N(%)	Steep K power			
		Baseline (D)	After 1 week (D)	Decrement (D)	Decrement rate (%)
Group A	33.3	41.41±0.97	41.01±1.18	-0.40	-1.00
Group B	33.3	43.60±0.56	43.12±0.42	-0.50	-1.10
Group C	33.3	45.51±0.66	44.71±0.47	-0.80	-1.80

Table 5. Corneal Astigmatism and decrements and decrement rate of steep K power in group i~iii

	N(%)	Corneal astigmatism	Steep K power			
			Baseline (D)	After 1 week (D)	Decrement (D)	Decrement rate (%)
Group i	63	0.61±0.18	42.74±1.48	42.36±1.58	-0.40	-0.90
Group ii	27	1.36±0.25	44.44±1.46	43.72±1.59	-0.70	-1.60
Group iii	10	2.31±0.12	44.86±0.61	44.59±0.33	-1.20	-2.80

하여 각막 굴림의 정도를 비교하였다(Table 5). 각막난시 1 D 이하의 군인 그룹 i의 평균 각막 난시량은 0.61 D이고 63%의 분포를 보여 가장 많은 비중을 차지하였으며 난시량이 많을수록 분포가 적었음을 알 수 있다. 각막난시가 많은 그룹 iii의 강주경선 굴절력의 변화는 각막난시가 많은 그룹 i의 변화 보다 많았고, 강주경선 굴절력에 대비한 상대적인 양의 차이인 감소율은 1.9% 차이가 나는 것으로 나타났다. 이를 종합해 본 결과, 각막난시가 많을수록 각막의 굴림이 상대적으로 많이 나타난다는 것을 알 수 있었다.

4. 타각적 굴절이상도 변화에 따른 비교

1) 굴절이상도 변화

Table 6에 타각적 굴절이상도 감소량을 나타내었다. 타각적 굴절이상도의 등가구면 굴절력의 감소량을 기준으로 역효과(reverse effect) 군, 1 D이하의 군, 1 D 초과 군으로 분류하여 각각 그룹 a, b, c로 이름을 붙였다. 역방향 실리콘 하이드로겔 렌즈를 착용 후 대상자의 73%에서 1D 이하의 타각적 굴절이상도 감소를 보였고, 평균 감소량은 -0.49 D 이다. 그리고 1 D 초과 감소한 그룹 c는 10% 정

Table 6. Classified according to the change of objective refractive error

	N (%)	Mean±SD (D)	Range (D)
Group a	17	0.28±0.12	0.38 ~ 0.01
Group b	73	-0.49±0.31	0.00 ~ -1.00
Group c	10	-1.33±0.16	-1.13 ~ -1.50

도로 최대 1.50 D까지 감소하였으며 평균 감소량은 1.33 D이었다. 반면에 17%의 비중을 차지한 역효과가 나타난 그룹 a의 평균 증가량은 0.28 D이었다.

2) 각막 굴절력 변화

Table 7에 타각적 굴절이상도 감소량에 따른 각막 굴절력 변화에 대해 나타냈다. 타각적 굴절이상도가 증가했던 그룹 a는 이와 유사하게 강주경선 굴절력도 증가하는 역효과가 나타났다. 그 양은 굴절이상도 증가량과 유사한 값인 0.20 D 정도이었고, 세 그룹 중에 강주경선의 굴절력이 42.42 D로 가장 낮았다. 그리고 타각적 굴절이상도가 감소한 그룹 b, c에서는 각막 굴절력도 유사하게 감소한 것을 알 수 있었고, 상대적으로 타각적 굴절이상도의 감소량이 많았던 그룹 c에서 각막 굴절력의 감소량도 더 많았다. 이로써 타각적 굴절이상도의 변화는 각막 굴절력이 클수록, 각막의 굴림이 많을수록 감소가 많이 나타남을 알 수 있다.

3) 각막 난시량 변화

Table 7에 타각적 굴절이상도 감소량에 따른 각막난시 변화에 대해 나타냈다. 타각적 굴절이상도가 증가했던 그룹 a는 이와 유사하게 각막난시량도 증가하는 역효과가 나타났다. 그 양은 0.10 D 정도이었고, 세 그룹 중에 각막 난시량이 0.64 D로 가장 낮았다. 그리고 타각적 굴절이상도가 감소한 그룹 b, c에서는 각막난시량도 감소한 것을 알 수 있었고, 상대적으로 타각적 굴절이상도의 감소량이 많았던 그룹 c에서 각막난시의 감소량도 더 많았다. 이로써 타각적 굴절이상도의 변화는 각막난시량이 많을수록

Table 7. Decrements and decrement rate of steep K power and corneal astigmatism in group a~c

	Steep K power				Corneal Astigmatism			
	Baseline (D)	After 1 week (D)	Decrement (D)	Decrement rate (%)	Baseline (D)	After 1 week (D)	Decrement (D)	Decrement rate (%)
Group a	42.42±1.02	42.59±1.04	0.20	0.4	0.64±0.14	0.74±0.10	0.10	15.94
Group b	43.64±1.63	43.03±1.64	-0.61	-1.41	0.98±0.51	0.93±0.46	-0.05	-5.01
Group c	44.36±2.71	43.04±2.36	-1.32	-2.98	1.58±0.94	1.41±0.83	-0.17	-10.76

감소가 많이 나타남을 알 수 있다.

고 찰

비수술 각막굴절교정술은 각막보다 편평한 디자인의 렌즈를 착용시켜 각막곡률반경은 편평하게 하고 각막중심두께가 얇아져 각막의 전체적인 형상이 변하게 된다.^[21] 이러한 변화의 정도는 착용자에 따라 다른 기댓값을 갖는데, 역기하렌즈를 착용하기 전, 착용자의 연령, 굴절이상도, 각막 굴절력, 각막난시, 각막두께, 편심을 등의 영향요인을 파악해봐야 할 필요가 있다.^[21-29]

Jayakumar 등^[28]은 나이가 많은 사람일수록 역기하렌즈 착용 후 시력의 향상이나 굴절이상도의 변화 정도가 적은 것으로 나타나 렌즈 착용의 효과가 떨어진다고 보고하였고, 역기하렌즈 착용에 의한 시력향상에 필요한 기간은 연령에 따라 유의하게 다르며 성인의 경우에 나이가 어린 착용자 보다 상대적으로 느리다고 하였다.^[22] 하지만 본 연구의 대상자는 대부분 20대로 대상 폭이 좁기 때문에 대상 연령층의 확대를 통한 추가적인 검토가 필요할 것으로 보인다.

Park 등^[11]은 최대 근시도수는 4 D까지, 최대 난시 도수는 1.50 D, 42-45 D의 각막 굴절력을 가지는 대상자에게 안전하고 효과적으로 역기하 렌즈 처방이 가능하다고 하였다. 착용 전 여러 가지 검사 결과 중 굴절이상도가 가장 정확한 예측 인자가 될 수 있고, 근시도의 정도가 높은 경우 교정 효과가 없으며 굴절이상도가 작을수록 시력변화량이 크다고 연구되었다.^[23,26] Wie 등^[24]의 연구에서는 대체로 -2.00 D 이하의 근시가 -4.00 D 이하의 근시보다 더 좋은 시력교정 정도를 보였다고 하였다. 본 연구에서도 대상자의 굴절이상도에 따라 변화량의 차이가 있었다. 근시도가 높을수록 타각적 굴절이상도의 감소량이 많았고 그 양은 최대 1.50 D 이었으나 감소율의 차이가 존재하기 때문에 교정효과 측면에서 보면 2 D 이하의 근시군에서 더욱 효율적인 것으로 보고 역기하 렌즈에 비해 적용 가능한 굴절이상도 범위가 좁을 수 있다고 생각된다.

역기하렌즈의 착용을 통한 선행연구에서 각막 굴절력의 감소는 각막의 곡률반경의 편평화나 각막 두께의 감소로 인해 나타난다고 언급되었다.^[10] Wie 등^[24]은 역기하 렌즈 착용 3개월 후 1.02 D의 각막 굴절력이 감소하였으며, Shin 등^[30]은 2개월 후 각막 굴절력이 1.49 D의 감소하였다고 발표하였다. 본 연구에서도 역방향 실리콘 하이드로겔 렌즈를 착용하고 각막 굴절력이 감소하였는데 렌즈 착용 전의 각막 굴절력이 클수록 더 많이 감소하는 것으로 나타났다. 또한 렌즈 착용 전의 각막 난시량에 따른 각막 굴절력의 차이를 알아본 결과, 대상자의 각막난시가 많을

수록 각막 굴절력의 감소량이 많았는데 이는 각막난시가 많을수록 각막 굴절력이 높았기 때문으로 생각된다.

굴절이상도의 감소는 시력개선에 효과적이며 각막 굴절력의 감소와 유의한 상관관계를 가진다.^[28,30] 본 연구에서 타각적 굴절이상도의 변화를 기준으로 분류하여 비교해 본 결과, 굴절이상도의 감소가 더 큰 그룹이 각막 굴절력과 각막난시가 높았고 감소량도 많았으며, 굴절이상도가 증가한 그룹은 그와 반대되는 결과를 얻었다. 이 결과로 보아 굴절이상도의 변화가 각막 굴절력의 변화로부터 발생한 것이라 생각된다.

초기 비수술 각막굴절교정술은 단순히 중심이탈을 시키지 않으면서 되도록 편평한 렌즈를 착용시키는 것에 중점을 두었다. 이런 경우 굴절이상 교정에 필요한 시간이 사람마다 달라 수개월의 시간이 소요된다. 그리고 각막곡률반경이 점차 편평해짐에 따라 이보다 더 편평한 렌즈로 교환을 해주어야 하는 불편함이 존재하였고, 또한 점차적으로 난시가 증가함에 따라 근시교정을 예측하기 힘들었다. Wlodyga 등^[31]은 렌즈 주변부의 곡률반경을 중심부보다 가파르게 만들고, 가장 편평한 곡률반경 값보다 1.50 D 편평한 렌즈를 착용하게 하였다. 그리하여 accelerated orthokeratology의 개념을 도입하여 디자인적 한계를 보완하였는데 이는 렌즈의 중심이탈을 줄이고 유발난시를 방지하며 굴절교정효과에 대해 예측 가능성을 높일 수 있게 하였다. 그리고 산소투과도가 낮던 PMMA의 단점을 보완하여 RGP렌즈를 이용하여 수면 중에 렌즈를 착용하는 동안 각막의 변형이 생기고 낮에는 굴절이상이 교정된 상태로 활동할 수 있도록 overnight orthokeratology를 가능하게 하였다. 이와 같이 오랜 기간 재조기술의 개발과 재질의 발전으로 새로운 디자인의 역기하렌즈로 발전하게 되었다.

2004년, 렌즈를 뒤집어 착용했던 몇몇 착용자들로 부터 시발되어 soft lens orthokeratology의 개념이 제안된 후 렌즈의 형상과 피팅패턴이 역기하렌즈와 유사하며 각막 굴절력의 교정효과가 나타난다고 연구되었다.^[12-18,20] 역방향으로 착용한 렌즈에 의한 교정효과는 0.50~1.75 D 정도가 나타나며, 착용자의 각막형상과 착용렌즈의 도수, 정도에 따라 교정효과가 다를 수 있다고 하였고 중심안정의 중요성에 대해서 언급하였다.^[17] 여기서 우리는 렌즈의 베이스커브를 조정하고 각 영역의 디자인을 조정할 수 있는 역기하렌즈와 달리 파라미터 변경을 할 수 없어 환자의 눈에 맞춤으로 제작할 수 없다는 것을 Soft lens orthokeratology의 한계라 인지할 수 있다. Soft lens orthokeratology에 비해 역기하렌즈는 정확성과 예측성이 높다는 장점이 있지만 처방이 어렵고, 고가의 비용이 들어가고, 경성렌즈로 인한 고통을 호소하고, 난시를 유발하는 등의 단점으로 착용을 중지하거나 새로운 렌즈로 재피팅하는 경우가 많다.^[11,32] 하지만

soft lens orthokeratology는 처방이 단순하고 접근이 용이하며, 연속착용이 가능한 Dk/t의 렌즈이기 때문에 수면 중 착용하는데 무리가 없고 위험성이 적을 뿐만 아니라 경제적인 부담이 적어 역기하렌즈의 대체방안이 될 수 있을 것이다.

앞서 설명한 것처럼 역기하렌즈의 시작은 우연한 계기에 발견되었고 여전히 진화하고 있다. 이처럼 역방향 착용 실리콘 하이드로겔 렌즈로 인한 각막형태학적 변화를 일으킬 수 있는 것을 발견하였고 그 개발이 함께 이루어져야 한다고 생각된다. 물론 아직까지는 실리콘 하이드로겔 렌즈의 파라미터를 변경하여 개인에게 적합한 렌즈를 선정하는 것이 어렵기 때문에 각막 굴절력이 높은 정도의 근시안을 적정한 대상으로 선정하여야 한다. 추후 각막의 굴절력을 효과적으로 감소시킬 수 있고 그 정도를 미리 예측할 수 있는 재질적인 발전과 더불어 디자인적인 개선이 필요할 것으로 생각된다.

결 론

본 연구에서 역방향으로 착용한 실리콘 하이드로겔 렌즈에 의해 각막의 굴절력 변화를 야기할 수 있었다. 타각적 굴절이상도가 높을수록 감소량이 많았지만 감소율로 보면 정도 근시에서 보다 효과적으로 타각적 굴절이상도가 교정되었다. 그리고 각막의 굴절력이 클수록, 각막 난시량이 많을수록 각막 놀림이 많이 나타나 각막 굴절력이 많이 감소하였다. 타각적 굴절이상도의 변화는 각막 굴절력이 클수록 각막난시가 많을수록 효과적으로 감소하였으나, 역으로 증가하는 경우도 있어 주의하여야 한다. 역방향 실리콘 하이드로겔 렌즈로 인한 soft lens orthokeratology는 렌즈의 파라미터를 변경하기 어려워 적정한 대상자의 선정이 중요할 것이다. 추후 각막의 굴절력을 효과적으로 감소시킬 수 있고, 그 정도를 미리 예측할 수 있는 재질적인 발전과 더불어 디자인적인 개선이 필요할 것으로 생각된다.

REFERENCES

- [1] Briceno-Garbi EA. Variations in corneal curvature and refractive error in CAB gas-permeable contact lens wearers. *J Am Optom Assoc* 1984;55(3):217-219.
- [2] Polse KA, Sarver MD, Kenyon E, Bonanno J. Gas permeable hard contact lens extended wear: ocular and visual responses to a 6-month period of wear. *CLAO J*. 1987; 13(1):31-38.
- [3] Iskeleli G, Oral AY, Celikkol L. Changes in corneal radius and thickness in response to extended wear of rigid gas permeable contact lenses. *CLAO J*. 1996;22(2):133-135.
- [4] Binder PS, May CH, Grant SC. An evaluation of orthokeratology. *Ophthalmology* 1980;87(8):729-744.
- [5] Soni PS, Nguyen TT, Bonanno JA. Overnight orthokeratology: visual and corneal change. *Eye Contact Lens*. 2003; 29(3):137-145.
- [6] Alharbi A, Swarbrick HA. The effects of overnight orthokeratology lens wear on corneal thickness. *Invest Ophthalmol Vis Sic*. 2003;44(6):2518-2523.
- [7] Szczotka LB, Aronsky M. Contact lenses after LASIK. *J Am Optom Assoc*. 1998;69(12):775-784.
- [8] Shin DB, Yang KM, Lee SB, Kim MG, Lee JL. Effect of reverse geometry lens on correction of moderate-degree myopia and cornea. *J Korean Ophthalmol Soc*. 2003;44(8): 1748-1756.
- [9] Mun MY, Lee KJ, Sun KH. Clinical assessments of the orthokeratology. *Korean J Vis Sci*. 2007;9(3):317-331.
- [10] Park SH, Na KS, Kwon HG, Lee HS, Joo CK. The First Survey Report on the Current Trends in Prescription of Orthokeratologic Lenses in Korea. *J Korean Ophthalmol Soc*. 2009;50(4): 505-509.
- [11] Choo JD, Caroline PJ, Holden BA, Evans SR, Ho A, Bergenske PD. Soft contact lenses can induce orthokeratology-like topographical changes. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2005;46:E-Abstract 2062.
- [12] Eger MW. Inadvertent corneal reshaping with silicone hydrogel lenses. *Contact Lens Spectrum*, 2005;September.
- [13] Felmann M. A new device targets lens eversion. *Contact Lens Spectrum*, 2006;January.
- [14] Caroline PJ, AndrMP. Corneal changes after everted hydrogel lens wear. *Contact Lens Spectrum*, 2006;May.
- [15] Caroline PJ, AndrMP. Soft lens orthokeratology. *Contact Lens Spectrum*. 2007;June.
- [16] Caroline PJ, AndrMP. Lessons in soft orthokeratology. *Contact Lens Spectrum*. 2010;August.
- [17] Caroline PJ, AndrMP. Topographical changes after everted silicone hydrogel wear. *Contact Lens Spectrum*. 2005;June.
- [18] Kinoshita BT, Lampa M, Caroline P. Unique applications for silicone hydrogel lenses. *Contact Lens Spectrum*. 2008;September.
- [19] Kim SH, Jeong JH. Effect of everted(inside out) silicone hydrogel lens on corneal topographical changes. *J Korean Oph Opt Soc*. 2012;17(4):389-394.
- [20] Mountford J. An analysis of the changes in corneal shape and refractive error induced by accelerated orthokeratology. *ICLC*. 1997;24(4):128-144.
- [21] Moon MY, Lee GJ. The effect of long-term orthokeratology in different age groups. *J Korean Oph Opt Soc*. 2008; 13(4):65-73.
- [22] Garkeet NL, Mountford JA, Carney LG. Predicting success with orthokeratology lens wear: a retrospective analysis of ocular characteristics. *Optom Vis Sci*. 1995;72(12): 892-898.
- [23] Wie HY, Lee DH, Kim JM. The efficacy and safety of dream lens^(TM) in school children. *J Korean Ophthalmol*

- Soc. 2004;45(6):913-919.
- [24] Yoon MH, Lee KY. A Comparative study on the effects of wearing reverse geometry lenses by degrees of myopia. J Korean Oph Opt Soc. 2012;17(3):265-272.
- [25] Kim SH, Lee JH, Kim CS. The influence of factors before wearing reverse-geometry lens on visual acuity after wearing reverse-geometry lens. J Korean Oph Opt Soc. 2010; 51(10):1305-1311.
- [26] Yoon MH, Park HJ. A study on change in ocular components after wearing reverse geometry lenses. Korean J Vis Sci. 2013;15(1):53-64.
- [27] Jayakumar J, Swarbrick HA. The effect of age on short-term orthokeratology. Optom Vis Sci 2005;82(6):505-511.
- [28] Na JH, Choi JH, Yang JW, Lee YC, Kim SY. The relationship between asphericity and visual acuity after wearing reverse-geometry lens. J Korean Oph Opt Soc. 2009; 50(5):670-676.
- [29] Shin DB, Yang GM, Lee SB, KIM MG, LEE JL. Effect of reserve geometry lens on correction of moderate-degree myopia and cornea. J Korean Oph Opt Soc. 2003;44(8): 1748-1756.
- [30] Wlodyga RJ, Bryla C. Corneal molding: the easy way. Contact lens spectrum. 1989;4(8):58-65.
- [31] Cheung SW, Cho P. Subjective and objective assessments of the effect of orthokeratology - a cross-sectional study. Current Eye Research. 2004;28(2):121-127.

The Change of Corneal Refractive Power by Everted Silicone Hydrogel Contact Lens Wear

Soo-Hyun Kim, Dong-Min Shin, and Ju-Hyun Jeong*

Dept. of Optometry, Konyang university, Deajeon 302-718, Korea

(Received July 26, 2013; Revised August 22, 2013; Accepted September 14, 2013)

Purpose: The purpose was to study the corneal refractive power changes associated with the wearing of everted silicone hydrogel soft lenses. **Methods:** The corneal refractive power and corneal astigmatism were measured using corneal topographer (CT-1000, Shin-nippon Co., Japan) for checking change of corneal refractive power and objective refractive error was measured by auto-refractometer (Natural vision-K 5001, Shin-nippon Co., Japan). We measured at baseline and 1 week after lens wearing. **Results:** The correcting of corneal refractive power could be effective in low myopia. It's more effective to the higher power of greatest meridian of cornea and the more corneal astigmatism. 73% of subjects' refractive error was decrease less than 1 D and 17% of the subjects had an reverse effect (increase) occurs. The reduction of objective refractive error was more effective when cornea refractive power was great or corneal astigmatism was much. **Conclusions:** Pressure which the everted silicone hydrogel lens to the cornea could be caused. It occurred as the degrees of corneal power, corneal astigmatism and objective refractive error differences. Selection of an appropriate subject is important considering difficulty of changing the parameters of the lens.

Key words: Everted silicone hydrogel lens, Corneal refractive power change, Corneal topography, Orthokeratology