

하이드로겔 렌즈와 실리콘-하이드로겔 렌즈가 각막 두께에 미치는 영향

서정익

대구보건대학교 안경광학과

Effect of Hydrogel lens and Silicone-Hydrogel lens on Corneal thickness

Jung-Ick Seo

Dept. of Ophthalmic Optics, Daegu Health College

(Received September 1, 2017; Revised September 24, 2017; Accepted October 19, 2017)

Abstract

Purpose: Changes in corneal thickness after wearing hydrogel lens and silicone-hydrogel lens with different oxygen transmission rates were studied.

Methods: Experiments were performed on 11 subjects (22 eyes). Corneal thickness was measured after wearing contact lenses for 8 hours. Corneal thickness was measured using ORB Scan II (ver. 3.14)

Results: In the results of the corneal thickness measurement by direction, in the case of the hydrogel lens, the center thickness was $33.63\mu\text{m}$, the nasal was $34.29\mu\text{m}$, the temporal was $27.17\mu\text{m}$, the inferior was $27.17\mu\text{m}$, the superior was $18.90\mu\text{m}$, and change rates were 6.28%, 5.71%, 5.40%, 4.75% and 3.09%, respectively. In the results of the corneal thickness measurement by diameter, in the case of the hydrogel lens, the center was $33.63\mu\text{m}$, the mid-peripheral was $28.19\mu\text{m}$, the peripheral was $24.18\mu\text{m}$, and change rates were 6.28%, 4.76%, and 3.79%, respectively.

Conclusions: The hydrogel lenses with relatively low oxygen transmission rates resulted in a significant increase in thickness over the entire cornea compared to silicone-hydrogel lenses with high oxygen transmission rates.

Key words: corneal thickness, hydrogel lens, silicone-hydrogel lens

*Corresponding author : raphael@dhc.ac.kr

1. 서론

기술은 사회의 요구에 부응하여 발전하여 왔고, 그 기술은 시력교정 분야에도 영향을 미쳤다. 과거부터 현재까지 가장 널리 사용되어 지고 있는 시력교정 도구는 안경이지만, 안경 착용으로 인한 불편함, 미적 요소들에 의해 콘택트렌즈의 사용이 증가하고 있다. 콘택트 착용은 안경의 불편함을 해소 하였지만 재질의 특성과 착용방법에 대한 정확한 교육이 없이 착용함으로써 여전히 여러 합병증이 발생되고 있다. 렌즈 착용에 따른 질환은 안구건조증, 각막부종, 신생혈관 등이 있으며, 렌즈 착용에 따른 세균각막염의 경우에는 일일착용렌즈(daily wear contact lens)에 비해 연속착용렌즈(extended wear contact lens)는 10~15배 높은 감염 위험도가 있다¹⁾.

콘택트렌즈는 레오나르도 다빈치에 의해 1805년에 처음 고안된 이후 많은 연구가 이루어졌다. 1800년대에는 유리를 가공하여 유리 공막렌즈를 제작하여 사용하였고, 1936년에는 Poly-methyl(PMMA) resin이 개발되면서 플라스틱 경성 렌즈가 만들어지게 되었다. PMMA 재질은 광학적으로 우수한 특성을 가졌고, 제작의 용이성 등으로 인해 시력 교정용 콘택트렌즈로 사용되기 시작하였다. 하지만, PMMA 재질 렌즈는 착용감과 산소투과성의 단점으로 인해 1970년대 초반 poly-2hydroxy ethyl methacrylate(PHEMA) 렌즈가 개발되면서 사용이 중단 되었다. PHEMA 재질은 높은 친수성과 생체적합성으로 인하여 다양한 분야에서 사용되며, 소프트 콘택트렌즈에서는 현재 10억명 이상의 인구가 사용하고 있는 것으로 보고 되고 있다²⁾. 하지만, PMMA 재질의 소프트콘택트렌즈 또한 장시간 착용할 경우 렌즈에 의한 저산소증이 각막 생리에 영향을 미치고 각막의 기능이 손상될 수 있는 결과를 초래한다. 1985년 발표된 연구에서 소프트 콘택트렌즈 착용이 각막에 미치는 생리적 효과에 대한 첫 번째 연구 중 하나로 하이드로겔 렌즈를 장기간 사용한 착용자는 비착용자에 비해 낮 시간 부종이 현저하게 발생하였으며³⁾, 윤부 충혈이 더 많이 발생하고 윤부

혈관이 각막으로 침범할 수 있음을 보여주었다⁴⁾.

소프트콘택트렌즈는 각막에 비해 직경이 2~3mm 크다. 따라서, 눈을 뜬 상태에서 상부 및 하부 안검은 소프트콘택트렌즈의 주변을 덮는다. 이로 인해 안검과 렌즈 엇지 사이의 눈물순환을 감소시키는 경향이 있다. 콘택트렌즈의 생체적합성은 상피 재생 및 면역 반응과 관련하여 각막 건강을 유지하는데 중요한 역할을 한다. 이러한 산소와 눈물의 순환과 생체적합성의 중요성은 호기성 신진 대사와 각막 항상성 및 정상적인 눈물막 일체성과 안정을 유지하게 하고, 세균 부착을 억제하며 렌즈 및 잔해물이 축적되는 것을 방지할 수 있다⁵⁻⁷⁾. 또한 각막의 두께와 눈물의 순환에 콘택트렌즈의 중심 두께, 엇지 디자인, 재질과 같은 기계적 특성도 영향을 미치게 된다.

본 연구에서는 콘택트렌즈 재질이 각막에 미치는 영향을 알아보기 위해 hydrogel 재질과 silicon-hydrogel 재질을 사용하였다. hydrogel 물질은 단량체 단위의 사슬을 매트릭스 유사 중합체로 결합시켜 형성되며, 각 중합체의 고유 한 속성은 화학 그룹과 가교도의 상호 작용에 의해 정의 된다. hydrogel의 주성분은 친수성인 PHEMA이며 다른 모노머는 습윤성, 유연성, 산소 투과성 및 수분 전달을 향상시키기 위해 재료의 이온성 및 수분 함량을 변경하기 위해 첨가 된다. hydrogel 물질의 산소투과성은 수분 함량에 의해 결정된다. silicon-hydrogel 물질은 hydrogel 물질과 유사한 구조를 공유하지만 화학성분에서는 차이가 난다. PHEMA의 친수성 및 생체적합성인 특성에 silicon의 우수한 산소 용해도를 결합한 것이 silicon-hydrogel이다.

2. 실험방법

본 연구에 대한 취지를 설명하고 이에 자발적으로 참여 의사를 밝힌 참가자 중 시력교정 수술이나 각막 표면 질환 등의 병력이 없고, 교정시력이 1.0 이상인 만 18-45세 성인 남녀 11명(남 5명, 여 6명) 22안을 대상으로 시행하였다.

Table 1. sample contact lens

Sample name	H-s(hydrogel-sph)	S-t(silicon-hydrogel-tor)	H-t(hydrogel-tor)
USAN1	Ethafilcon A	Galyfilcon A	Polymacon
Monomers	HEMA, MA	mPDMS, DMA, HEMA, siloxane macromer, TEGDMA, PVP	HEMA
Surface modification	None	Internal wetting agent	None
Oxygen permeability($\times 10^{-11}$)	28	60	$\ll 10$
Oxygen transmissibility($\times 10^{-9}$) ²	31	86	8
Water content	58%	47%	36%
FDA class	Group IV	Group I	Group I

1. United States adopted name

2. Calculated using center thickness of a -3.00D lens; units=($\text{cm}, \text{ml O}_2$)($\text{s}, \text{ml mmHg}$)-1

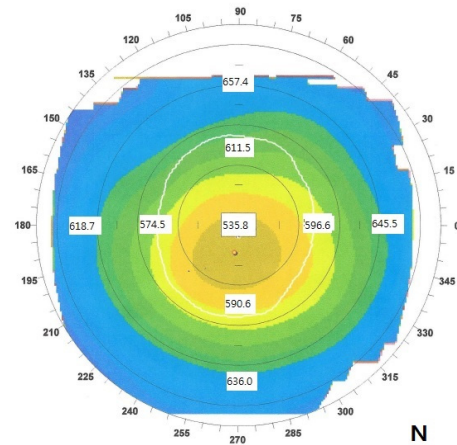
시행 전 모든 참여자는 2주 이상 안경을 착용한 상태이며, 렌즈 착용 전 각막 검사에서 특이사항은 발견되지 않았다. 실험 참가자들은 동일한 조건에서 진행하기 위해 기상 후 3시간 이후 렌즈를 8시간 동안 착용한 후 렌즈를 제거하고 10분 이내에 각 3회 측정하여 평균값을 사용하였다.

Table 1은 sample 콘택트렌즈를 나타내고 있다. H-s는 hydrogel 재질의 구면렌즈, S-t는 silicon-hydrogel 재질의 토릭렌즈를, H-t은 hydrogel 재질의 토릭렌즈를 표기한 것이다. 3가지 렌즈에서 함수율은 유의한 차이는 없다고 볼 수 있고, 산소투과율은 많은 차이를 보이고 있다.

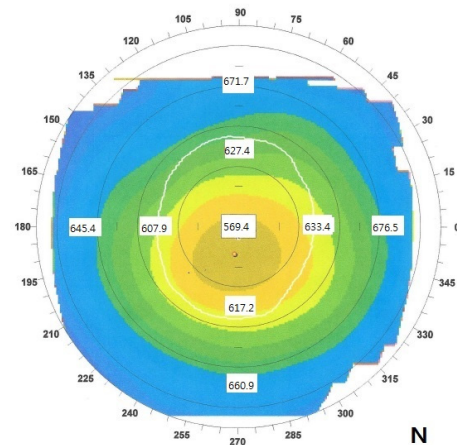
각막 두께를 측정하기 위해 Bausch&Lomb inc.사의 ORB Scan II(ver. 3.14)를 사용하였으며 두께 측정은 μm 단위로 측정 되었다.

3. 결과

Fig 1은 ORB Scan으로 측정한 측정화면을 나타낸 것이다. 각막의 중심부, 중심주변부(5mm), 주변부(7mm) 부분을 4방향으로 동시에 측정한 결과이다. (a)는 렌즈 착용 전 측정한 결과이고, (b)는 렌즈를 8시간 착용 후 10분 이내 측정한 결과이다.



(a) pre-wear



(b) after hydrogel-toric lens wear

Fig 1. results of ORB Scan

Table 2는 방향별 측정 결과이고, Fig 2는 Table 2를 그래프로 나타낸 것이다. Fig 2에서 착용 전 결과와 비교하면, H-s 렌즈와 S-t 렌즈에서는 1% 이하의 변화를 보여주었다. Table 2에서 H-t 렌즈의 경우 중심부는 33.63 μm , 코쪽방향은 34.29 μm , 귀쪽방향은 31.31 μm , 아래쪽은 27.17 μm , 위쪽은 18.90 μm 변화한 것으로 나타났으며, 변화율은 각각 6.28%, 5.71%, 5.40%, 4.75%, 3.09%로 나타났다. 변화량은 코쪽이 가장 컸지만, 변화율은 중심이 컸다.

Table 2. corneal thickness measurement by direction

	pre	H-s	S-t	H-t
center	535.74	539.04	537.64	569.37
nasal	601.04	605.81	605.40	635.33
temporal	579.83	579.53	579.66	611.14
inferior	593.41	594.08	590.64	621.58
superior	612.28	615.20	616.32	631.18

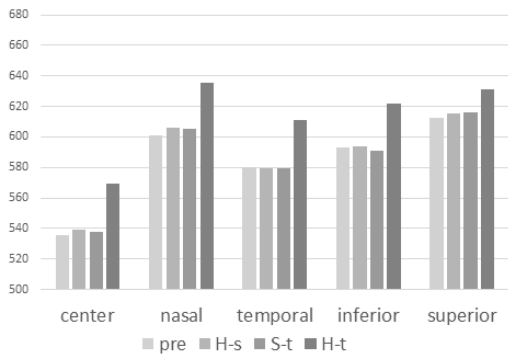


Fig 2. corneal thickness measurement by direction

Table 3는 직경 위치별 측정 결과이고, Fig 3는 Table 3를 그래프로 나타낸 것이다. Fig 3에서 착용 전 결과와 비교하면, H-s 렌즈와 S-t 렌즈에서는 1% 이하의 변화를 보여주었다. Table 3에서 H-t 렌즈의 경우 중심부는 33.63 μm , 중심주변부는 28.19 μm , 주변부는 24.18 μm 변화한 것으로 나타났으며, 각각 변화율은 6.28%, 4.76%, 3.79%로 나타났다. 변화량과 변화율 모두 중심부가 크게 나타났으며, 중심부에서 주변부로 가면서 두께 변화가 작게 나타났다.

Table 3. corneal thickness measurement by diameter

	pre	H-s	S-t	H-t
center	535.74	539.04	537.64	569.37
mid-peri	592.24	594.36	593.29	620.43
peripheral	638.35	641.03	640.01	662.53

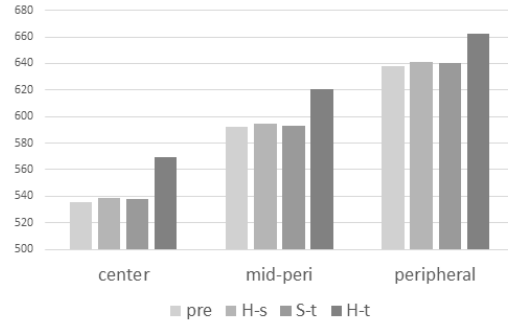


Fig 3. corneal thickness measurement by diameter

4. 고찰

소프트 콘택트렌즈에서 함수율과 함께 산소투과율은 매우 중요한 요소이다. 함수율은 착용감을 향상시켜 장시간 착용하기에 적합한 환경을 만든다. 하지만 이로 인해 각막의 문제를 야기할 수 있다. 각막은 산소를 대기 중 존재하는 산소를 통해서 공급 받는다. 콘택트렌즈는 이러한 산소 공급의 방해물이 되어 각막이 대기 중 산소를 공급 받지 못하게 한다. 각막은 10~13mmHg 에 미치지 못하게 되면 저산소증이 발생하게 된다⁸⁾. 따라서 장시간의 콘택트렌즈 착용은 각막에 만성적인 저산소증을 유발하게 되고 결과적으로 부종 회복을 느리게 하게 된다⁹⁾.

H-s 렌즈와 와 H-t 렌즈를 비교해보면 두께에 따른 산소투과율의 영향을 알 수 있는데, 두꺼운 토타렌즈인 H-t가 산소투과율에서 불리한 결과를 보였다. S-t 렌즈와 H-t 렌즈를 비교해보면 재질에 따른 산소투과율의 영향을 알 수 있는데, silicon-hydrogel 렌즈가 산소투과율에서 유리한 결과를 보였다.

5. 결론

산소투과율이 상대적으로 불리한 hydrogel 렌즈는 산소투과율이 높은 silicon-hydrogel 렌즈에 비해 각막 전체에 걸쳐 두께를 현저히 증가시키는 결과를 보였다. 구면렌즈의 경우와 비교했을 때 두께가 얇은 경우에는 silicon-hydrogel 렌즈와 비슷한 결과를 보였지만, 두께가 두꺼운 투릭렌즈에서는 큰 차이를 보였다. 이는 일정 두께 이상에서는 함수율보다는 산소투과율이 각막 두께변화에 더 큰 영향을 미친다고 볼 수 있다. 따라서 산소 투과율이 낮은 렌즈인 경우 하루 권장 착용시간인 8시간을 넘겨서 장시간 사용할 경우 부종에 의한 시력 저하는 물론 각막의 생리적인 문제로 인하여 부종의 회복속도가 느려지는 결과를 얻게 될 것이다. 올바른 착용방법을 안경원에서는 지도할 필요가 있고, 착용시간에 따라 렌즈의 재질별로 렌즈를 추천해 줄 필요가 있다. 앞으로 렌즈 두께에 따른 각막 두께에 영향을 미치는 연구가 필요해 보인다.

References

1. T. J. Liesegang. Contact lens-related microbial keratitis: Part I: Epidemiology. n.p.: Cornea, 1997, 125-131.
2. Dumbleton K, Woods CA, Jones LW, Fonn D. The impact of contemporary contact lenses on contact lens discontinuation. *Eye Contact Lens*. 2013; 39(1): 93-99.
3. Zuguoliu, Stephen CPflugfelder. The Effects of Long-Term Contact Lens Wear on Corneal thickness, Curvature, and Surface Regularity. *Ophthalmology*. 2000;107(1): 105-111.
4. Brien A Holden, Deborah F Sweeney, Helen A Swarbrick, Antti Vannas, Klas T Nilsson, Nathan Efron. The vascular response to long-term extended contact lens wear. *optometry*. 1986;69(3):112-119.
5. Drien A. Holden. Critical Oxygen Levels to Avoid Corneal Edema for. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1984; 25: 1161-1167.
6. M. Millodot. Effect of soft lenses on corneal sensitivity. *Acta ophthalmologica*. 1974; 52(5): 603-608.
7. Madigan MC. Extended wear of contact lenses can compromise corneal epithelial adhesion. *Curr Eye Res.* 1974; 6(10): 1257-1260.
8. B A Holden, D F Sweeney, A Vannas, K T Nilsson, N Efron. Effects of long-term extended contact lens wear on the human cornea. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1986; 26: 1489-1501.
9. Dennis ABraun OD, Ellen EAnderson Penno MD. Effect of Contact Lens Wear on Central Corneal Thickness Measurements. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*. 2003;29(7): 1319-1322.