

The Effect of pH on the Thickness of Soft Contact Lenses

Ji-Yeon Park^{1,a}, So-Dam Hwang^{1,b}, So Ra Kim^{2,c}, and Mijung Park^{2,d,*}

¹Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Student, Seoul 01811, Korea

²Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Professor, Seoul 01811, Korea

(Received May 26, 2020; Revised June 23, 2020; Accepted June 24, 2020)

Purpose: This study aimed to investigate the effect of pH change on the central and peripheral thickness of soft contact lenses, and the effects of the characteristics of lens material and pigmentation of soft contact lenses on thickness variation. **Methods:** The central and peripheral thickness of clear and circular lenses made of nelfilcon A, hilafilcon B, etafilcon A were respectively measured after an incubation in phosphate buffer adjusted with pH 6.6, 7.4 and 7.8 for 24 h. **Results:** Compared with an incubation in pH 7.4, the same pH as tears, the thickness was larger in pH 6.6 and pH 7.8 depending on lens material; however, this difference was insignificant. There was no difference in the central and peripheral thickness between clear and circular lenses made of nelfilcon A. The central thickness of the hilafilcon B circle lens was not different from that of clear lens; however, its peripheral thickness was thicker than that of clear lenses. Etafilcon A material, on the other hand, had a thinner central thickness in circular lenses; however, its peripheral thickness was thicker. The difference between the thickness of the center and periphery depending on the pigmentation in hilafilcon B and etafilcon A lenses became larger as the pH increased. **Conclusions:** In this study, it was revealed that there may be thickness changes of the center and periphery of soft contact lenses depending on the pH change of tear because of eye diseases or the difference of pH in lens care solutions. In addition, from this study, it is proposed that the difference in thickness changes depending on the characteristics of the material and pigmentation may cause difference of comfort in clinical practice.

Key words: Soft Contact Lenses, pH, Central Thickness, Peripheral Thickness, Pigmentation

서 론

눈물은 항균작용, 눈의 윤활작용, 각막으로의 산소와 영양공급 등의 정상적인 기능유지와 각막표면을 매끄럽게 해주는 광학적 특성을 위하여 필수적이다.^[1,2] 정상안에서의 눈물의 pH는 7.4로 약한 알칼리성을 띤다. 하지만 폐쇄각 녹내장, 전염병, 염증 등의 질병 발생 시 환자에 따라 눈물의 pH는 5.80~8.35의 넓은 범위에서 변하며,^[3-6] 수면 시 눈물의 pH는 평균 7.25로 다소 산성화되고 건성각결막염에서는 안구표면의 pH가 알칼리성으로 나타난다.^[6-9] 건성각결막을 위해서는 삼투압, 점성, 표면장력뿐만 아니라 pH가 정상 범위에 있어야 한다. pH 변화로 유발된 주요 단백질의 변성은 단백질의 고유 기능인 항균작용 등의 기능의 상실을 초래하기 때문에 정상적인 눈물막의 기능을 유지하지 못한다.^[3,4]

pH가 변하게 되면 콘택트렌즈 또한 변화가 유발되어 산소투과율과 같은 각막생리에 중요한 파라미터가 원래의

고유한 값과 다르게 된다. 이러한 pH에 따른 콘택트렌즈 파라미터의 변화는 소프트콘택트렌즈(이하 소프트렌즈) 재질에 따라 차이가 있다.^[10] 외부 혹은 눈물 내 생리적인 환경의 콘택트렌즈 파라미터의 변화는 폴리머를 구성하고 있는 화학적인 재질 특성 뿐만 아니라 착색여부와 같은 표면의 미세한 차이에 의해서도 차이가 나게 된다. 써클소프트콘택트렌즈(이하 써클렌즈)는 동일 재질의 콘택트렌즈라고 하더라도 염료가 포함되어 있기 때문에 이로 인해 두께나 산소투과율 등의 파라미터에 영향을 미칠 수 있으며 투명 소프트렌즈(이하 투명렌즈)와 완벽히 같은 렌즈라고는 할 수 없다. 착용시간이 증가할수록 투명렌즈와 써클렌즈 간의 각막에서의 위치 및 움직임 차이가 더 커진다고 알려져 있다.^[11]

투명렌즈나 써클렌즈 모두 시력교정 및 적절한 착용감을 위해 중요한 파라미터의 유지가 필요하다. 여러 주요 파라미터 중 하나인 두께는 산소투과율과 관련이 있으며 기본적으로 소프트렌즈의 일정한 형태 유지를 위해서 적

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

Authors ORCID: ^a<https://orcid.org/0000-0003-0957-4855>, ^b<https://orcid.org/0000-0003-2198-4232>, ^c<https://orcid.org/0000-0001-8786-2815>, ^d<https://orcid.org/0000-0002-4645-7415>

절한 정도의 값을 가져야 한다.^[12] 소프트렌즈의 중심두께는 도수에 따라 차이가 있으며 광학부에서의 중심 두께와 주변 두께의 차이는 도수를 결정하게 된다. 주변부의 두께는 콘택트렌즈가 각막에 잘 위치하며 눈꺼풀과의 마찰을 최소화시켜 순목에 의한 소프트렌즈의 움직임 최소화할 수 있게 디자인되어 있다. 따라서 착용 시 눈물의 pH 변화와 같은 생리적인 환경의 차이나 제품마다 pH 차이가 있는 관리용품으로 관리하거나 보관하였을 경우 소프트렌즈에서 발생할 수 있는 두께의 변화는 시력이나 착용감에 좋지 않은 영향을 미칠 수 밖에 없다.

따라서 본 연구에서는 소프트렌즈의 주요 파라미터 중 하나인 중심 두께 및 주변부 두께가 pH 변화에 따라 어떻게 달라지는지 밝히고, 동일 재질이지만 착색여부의 차이가 있는 써클렌즈와 투명렌즈를 대상으로 pH 변화에 따른 두께를 비교하여 착색으로 인한 차이가 실제로 임상에서 착용자에게 미칠 수 있는 변화를 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

1. 실험 대상

본 연구에서는 HEMA를 기본 재질로 하는 투명렌즈인 nelfilcon A(CIBA Vision, Germany), hilafilcon B(Bausch & Lomb, Ireland), etafilcon A(Johnson & Johnson Inc., Ireland)와 하여 동일한 재질 및 파라미터를 가지고 있으나

착색 여부만이 다른 써클렌즈인 nelfilcon A-tinted(CIBA Vision, Germany), hilafilcon B-tinted(Bausch & Lomb, Ireland), etafilcon A-tinted(Johnson & Johnson Inc., Ireland)를 대상으로 하였다. 실험에 사용된 렌즈는 모두 -3.00 D의 굴절력을 가진 렌즈였다(Table 1).

2. 실험 방법

0.2 M dibasic sodium phosphate와 0.2 M monobasic sodium phosphate, 0.15 M NaCl를 사용하여 pH 6.6, 7.4, 7.8인 인산완충식염수(phosphate buffer saline, PBS)를 제조하였다. 실험에 사용된 pH값은 눈에 자극감을 유발하지 않은 범위인 6.6~7.8의 경계값과 눈물의 평균 pH인 7.4를 선택하였다.^[13,14] 투명렌즈 3종, 써클렌즈 3종을 각각 4개씩 각기 다른 pH의 용액에 담겨 24시간 동안 노출시켰다.

전자 두께 측정 장치(Model ET-3, Chreatch, USA)를 이용하여 두께를 측정하였으며, 오차를 줄이기 위해 각각의 렌즈의 중심 및 주변부 두께는 4회씩 측정하여 평균을 내었다. 주변부 두께는 소프트렌즈 가장자리로부터 1 mm 안쪽 부위를 역시 4회 측정하여 평균값을 취하였으며 써클렌즈의 경우 착색 부분에 속하는 위치였다.

3. 통계처리

SPSS 통계 프로그램을 사용하였으며 렌즈 파라미터의 측정값은 평균±표준편차로 나타내었다. 각각의 다른 pH

Table 1. Parameter of the soft contact lenses tested

USAN				Nelfilcon A	Hilafilcon B	Etafilcon A
Manufacturer				CIBA	Bausch + Lomb	ACUVUE
Monomer				pHEMA ^a +PVA ^b	pHEMA ^a +NVP ^c	pHEMA ^a +MA ^d
Water Content (%)				69	59	59
FDA Material Group				II	II	IV
Oxygen permeability 10 ⁻¹¹ (cm ² /sec) (mlO ₂ /ml×mm Hg)				26	22	21.4
Oxygen transmissibility 10 ⁻⁹ (cm/sec) (mlO ₂ /ml×mm Hg)				26	11	33
Base curve at -3.00 D (mm)				8.6	8.6	8.5
Diameter (mm)				13.8	14.2	14.2
Center thickness at -3.00 D (mm)				0.100	0.090	0.084
Packing buffer system				Phosphate	Phosphate	Borate
Dye	Clear	Circle	Clear	Circle	Clear	Circle
	None	Iron oxide black, Carbazole violet	None	Iron oxide	None	Blue hema, iron oxide, titanium dioxide
Tinting method	Clear	Circle	Clear	Circle	Clear	Circle
	None	Dual Printing	None	Micro encapsulation	None	BWIC (Beauty-Wrap-In-Comfort)

^apHEMA: poly-2-hydroxyethyl methacrylate

^bPVA: polyvinyl alcohol

^cNVP: N-vinyl pyrrolidone

^dMA: methacrylic acid

에서 재질별 투명렌즈와 씨클렌즈에 따른 두께 차이는 three-way ANOVA를 사용하였고 $p < 0.05$ 일 때 통계적으로 유의하다고 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 중심 두께 변화

Nelfilcon A 재질에서는 pH 6.6일 때, 투명렌즈와 씨클렌즈의 중심부 두께는 각각 0.092 ± 0.001 mm, 0.095 ± 0.001 mm, pH 7.4에서는 0.095 ± 0.001 mm, 0.092 ± 0.001 mm, pH 7.8에서는 0.090 ± 0.001 mm, 0.096 ± 0.001 mm이었다(Fig. 1). pH 값이 커짐에 따라 중심두께 변화가 허용오차 범위 내에서 감소 또는 증가하였다. 식품의약품안전처 및 ISO의 중심 두께 허용 오차 범위는 $\pm\{0.010 + (\text{표시치} \times 0.10)\}$ 이다. Nelfilcon A의 경우는 제조사에서 제시한 중심 두께가 0.10 mm이므로 ± 0.02 mm이 허용 오차 범위이다. 따라서 본 연구에서의 pH에 따른 중심 두께의 변화는 모두 허용 가능한 값에 해당한다. 투명렌즈와 씨클렌즈의 중심 두께를 통계적으로 분석하였을 때 눈물의 pH와 가장 유사한 pH 7.4에서는 투명렌즈의 중심 두께가 씨클렌즈의 중심 두께보다 더 두꺼운 것으로 나타났으나($p < 0.001$), pH 6.6과 7.8에서는 통계적으로 유의하게 씨클렌즈에서 더 두꺼웠다(모두 $p < 0.001$).

Hilafilcon B 재질에서는 투명렌즈와 씨클렌즈의 중심 두께가 pH 6.6일 때 각각 0.088 ± 0.002 mm, 0.086 ± 0.001 mm, pH 7.4일 때 0.086 ± 0.001 mm, 0.083 ± 0.001 mm, pH 7.8일 때 0.086 ± 0.001 mm, 0.083 ± 0.001 mm이었다. 모든 pH 조건에서 투명렌즈가 씨클렌즈보다 더 두꺼웠으며, pH 7.4와 7.8일 때 통계적으로 유의한 차이를 보였다(각각 $p < 0.001$, $p < 0.01$)(Fig. 2). Hilafilcon B 재질의 투명렌즈와 씨클렌즈 모두 pH 7.4와 비교하여 pH 7.8에서의 중심 두께는 차이가 없었으며 약산성인 pH 6.6에서는 상대적으로 다소 두꺼웠으나 그 값의 변화가 미미하였다. 이 모든 중

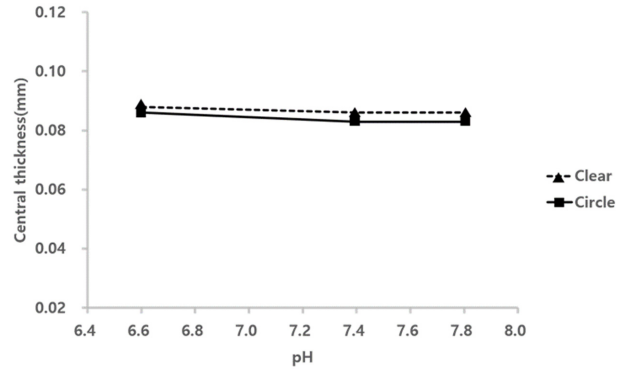


Fig. 2. Central thickness of clear and circular lenses made of hilafilcon B depending on pH.

심 두께는 제조사에서 제시한 중심 두께인 0.09 mm의 허용 오차인 ± 0.019 mm 범위 안에 해당하는 변화였다.

Etafilcon A 재질에서는 투명렌즈와 씨클렌즈의 중심 두께가 pH 6.6일 때 각각 0.076 ± 0.001 mm, 0.064 ± 0.001 mm, pH 7.4일 때 0.076 ± 0.001 mm, 0.064 ± 0.001 mm, pH 7.8일 때 0.074 ± 0.003 mm, 0.063 ± 0.001 mm이었다. Etafilcon A 재질 투명렌즈와 씨클렌즈 모두 약산성인 pH 6.6과 눈물의 pH인 7.4에서는 동일한 중심 두께값을 보였으며 pH 7.8에서는 다소 두꺼워졌으나 그 차이는 미미하였다. 제조사에서 제시한 값을 기준으로 한 투명렌즈와 씨클렌즈의 중심 두께 차이는 nelfilcon A와 hilafilcon B에 비해 더 큰 차이를 보였다. Etafilcon A 재질 투명렌즈의 중심 두께는 씨클렌즈보다 통계적으로 유의하게 더 두꺼웠다(모두 $p < 0.001$)(Fig. 3). 제조사에서 제시한 중심 두께인 0.084 mm를 기준으로 하여 허용가능한 오차범위는 ± 0.0184 mm인데 씨클렌즈의 경우는 모두 이 범위를 벗어나는 값이었다.

본 연구에서는 대부분의 렌즈에서 약알칼리 조건일 때 렌즈의 중심 두께가 약산성이나 중성일 때 보다 더 얇았으며, 이는 pH가 콘택트렌즈 파라미터에 미치는 효과에 대해 규명한 Qian Garrett 등^[15]의 연구에서 높은 pH값에

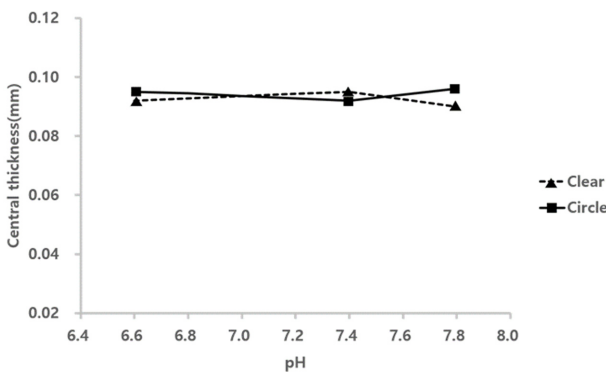


Fig. 1. Central thickness of clear and circular lenses made of nelfilcon A depending on pH.

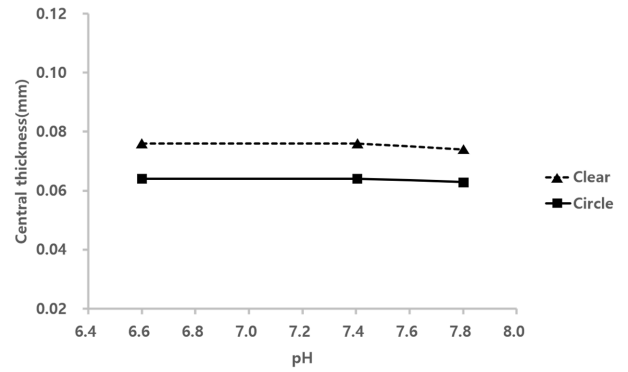


Fig. 3. Central thickness of clear and circular lenses made of etafilcon A depending on pH.

서 렌즈 직경의 변화가 나타났다는 연구결과와 유사한 양상을 보였다. 또한, Qian Garrett 등^[15]의 연구에서 사용한 실험 대상 구성 렌즈가 본 연구와 다소 다른 teflcon, vifilcon A, etafilcon A 재질 렌즈였지만 그 중에서 etafilcon A의 변화가 가장 컸다는 점에서는 본 연구 결과와는 동일한 양상을 보여 IV군에 속하는 렌즈의 변화가 가장 큼을 확인할 수 있었다.

Nelfilcon A와 hilafilcon B 렌즈는 소프트렌즈 분류 기준으로 II군에 속하는 고탍수 비이온성의 렌즈이다. 두 렌즈의 차이는 nelfilcon A의 함유율이 69%로 hilafilcon B 렌즈의 59%보다 10%가 더 높고, 함유된 습윤성 물질의 종류가 PVA(polyvinyl alcohol)이나 NVP(N-vinyl pyrrolidone) 이냐의 차이가 있어 pH 변화에 따른 중심두께의 변화 차이가 나타날 수 있으리라 생각되었으나 두 렌즈간 차이는 크지 않았다. 반면에 etafilcon A 재질 렌즈는 IV군에 속하는 고탍수 이온성 특성을 가지고 있다는 것에서 두 렌즈와 차이가 있다. IV군 렌즈는 다른 군의 렌즈에 비해 환경의 영향을 크게 받는 것으로 알려져 있다. 즉, 최 등^[16]은 안구세안액에 써클렌즈를 노출시켰을 때 etafilcon A, nelfilcon A 재질 렌즈에서 베이스커브, 직경, 중심 두께가 감소하였으며, 고탍수 이온성인 etafilcon A 재질 렌즈에서 파라미터가 변화 정도가 가장 크다고 한 바 있다. Lee 등^[11]은 다른 렌즈들에 비해 고탍수 이온성 재질 렌즈의 산소투과율이 pH가 변화될 때 더 크게 영향을 받는다고 하였다. 또한 Lum 등^[17]은 packing 용액의 삼투압이나 구성 성분 차이로 소프트렌즈의 파라미터가 달라지며 다른 렌즈들과 비교하였을 때 etafilcon A에서 가장 큰 변화를 보였다고 하였다.

본 연구에서도 고탍수 이온성 렌즈에서의 변화가 가장 컸으며, 동일하게 고탍수 이온성이지만 투명렌즈보다 써클렌즈의 중심 두께 변화가 더 큰 것을 볼 수 있다. 이것은 본 연구에서 사용한 pH 조정 인산생리식염수가 제조사에서 측정 시 사용한 용액과 삼투압과 같은 다른 물성에서 다소 차이가 있어서 나타난 결과로 보인다. 실제로 Lee 등^[11]은 인산완충계에서의 산소투과율이 붕산완충계에서의 산소투과율과 차이가 있음을 밝힌 바 있으며, 이러한 차이는 고탍수 이온성렌즈에서 더 크게 나타난다고 하였다. 이러한 것을 감안하더라도 본 연구에서 etafilcon A 재질의 써클렌즈가 투명렌즈에 비해 통계적으로 유의하며 허용 오차 범위를 벗어나는 중심 두께를 가지는 것은 착색과 관련된 제조공정 과정 중에 중심부의 투명한 부분에서도 표면 혹은 내부의 폴리머의 미세한 변화가 유발되어 생리적인 변화에 반응하는 정도에 차이가 있을 수 있다는 것을 보여주는 결과로 보인다.

2. 주변부 두께 변화

Nelfilcon A 재질 투명렌즈의 주변부 두께는 pH 6.6, 7.4, 7.8에서 모두 0.151 ± 0.000 mm이었으며, 써클렌즈는 pH 6.6에서 0.148 ± 0.000 mm, pH 7.4에서 0.146 ± 0.000 mm, pH 7.8에서 0.147 ± 0.001 mm이었다(Fig. 4). Nelfilcon A에서는 모든 pH에서 투명렌즈의 주변부 두께가 써클렌즈보다 두꺼웠으며, pH 7.4와 pH 7.8에서는 통계적으로 유의한 차이였다(모두 $p < 0.001$).

Hilafilcon B 재질 투명렌즈와 써클렌즈의 경우 pH 6.6에서 각각 0.150 ± 0.000 mm, 0.157 ± 0.001 mm, pH 7.4에서 각각 0.149 ± 0.001 mm, 0.156 ± 0.002 mm, pH 7.8에서 각각 0.150 ± 0.000 mm, 0.158 ± 0.000 mm이었으며, nelfilcon A와 다르게 모든 pH에서 써클렌즈의 주변부 두께가 투명렌즈보다 두꺼웠다(Fig. 5). pH 6.6에서는 투명렌즈와 써클렌즈의 주변부 두께가 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.001$).

Etafilcon A 재질 투명렌즈와 써클렌즈는 pH 6.6에서 각각 0.137 ± 0.000 mm, 0.149 ± 0.000 mm, pH 7.4에서 각각 0.138 ± 0.000 mm, 0.152 ± 0.000 mm, pH 7.8에서 각각 0.140 ± 0.000 mm, 0.152 ± 0.000 mm로 모든 pH에서 투명렌즈의 주변부 두께가 써클렌즈보다 얇았다(Fig. 6). pH 6.6

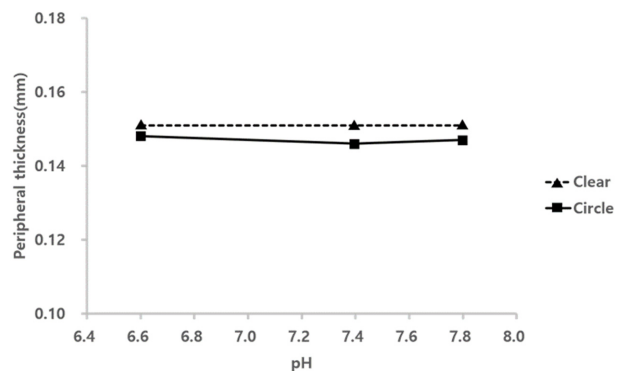


Fig. 4. Peripheral thickness of clear and circular lenses made of nelfilcon A depending on pH.

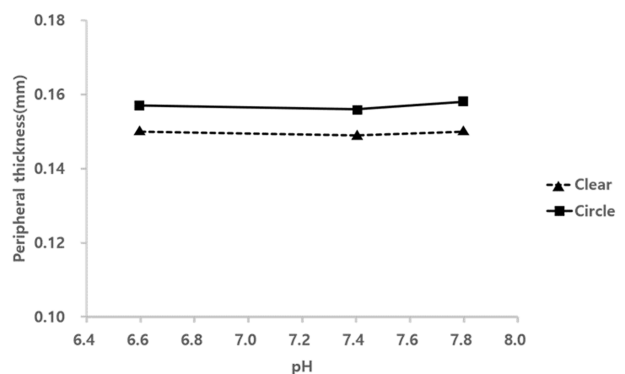


Fig. 5. Peripheral thickness of clear and circular lenses made of hilafilcon B depending on pH.

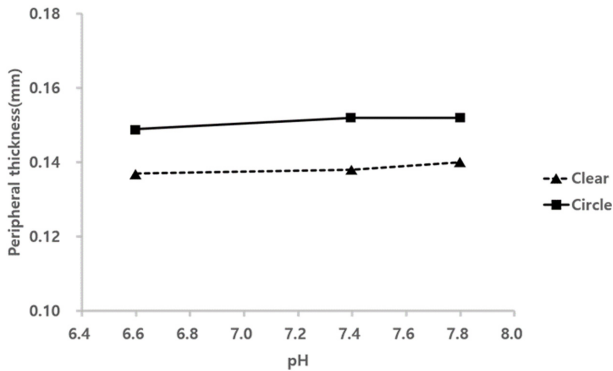


Fig. 6. Peripheral thickness of clear and circular lenses made of etafilcon A depending on pH.

과 pH 7.4에서는 통계적으로 유의한 차이를 보였다(모두 $p < 0.001$). 또한 투명렌즈에서 pH가 증가함에 따라 주변부 두께가 다소 증가하는 경향을 보였다.

착색 부분의 pH에 대한 반응의 차이는 써클렌즈의 투명부위인 중심 두께와 착색부위인 주변부 두께의 변화 정도가 균일하지 않은 결과를 초래하였다. Hilafilcon B 재질 투명렌즈의 중심부와 주변부의 중심두께 차이는 pH 6.6, 7.4, 7.8 일 때 0.062, 0.063, 0.064 mm였으며, 써클렌즈의 경우는 각각 0.071, 0.073, 0.075 mm로 투명렌즈보다 써클렌즈에서의 중심부와 주변부 두께 차이가 더 컸으며 알칼리성으로 갈수록 차이가 좀 더 커졌다. Etafilcon A 재질 투명렌즈는 각각의 pH에서 투명한 중심부와 착색된 주변부 두께의 차이가 0.061, 0.062, 0.066 mm이었고, 써클렌즈는 각각 0.085, 0.088, 0.089 mm로 투명렌즈와 써클렌즈 모두 알칼리성으로 갈수록 중심부와 주변부의 두께 차이가 커지는 경향을 보였으며 써클렌즈의 경우 차이값이 hilafilcon B 재질 써클렌즈에 비해 더 컸다. Nelfilcon A는 투명렌즈와 써클렌즈 간의 두께 변화의 차이가 존재하지 않기 때문에 pH에 따른 영향을 비교할 수 없었다.

중심 두께와 주변부 두께의 차이가 써클렌즈에서 더 크다는 것은 주변부의 착색 부분과 관련이 있을 것으로 사료된다. Hilafilcon B 재질의 써클렌즈는 제조사에서 micro-incapsulation 방법으로 착색 염료를 표면에 입힌 것으로 이 등^[18]의 연구에서처럼 주사전자현미경으로 관찰하였을 때 선명하게 염료의 전면 요철이 확인된다. 반면에 nelfilcon A나 etafilcon A 재질 써클렌즈는 샌드위치 공법을 사용하여 전자현미경 상에서의 두드러진 요철은 관찰되지 않는다.^[18,19] 비록 샌드위치 공법으로 착색되어 요철이 관찰되지 않더라도 내부에 포함되어 있는 착색 성분이 pH 변화에 따라 폴리머와 다르게 상호 작용하였을 가능성이 있으며 이로 인해 써클렌즈의 주변부 두께가 투명렌즈와 다르게 나타난 것으로 보인다.

시중에 판매되고 있는 콘택트렌즈는 제조사마다 다른

완충 식염수에 수화상태로 보관이 되고, 중심 두께, 흡수율, 직경 등과 같은 렌즈의 파라미터가 영향을 받는다. 여러 선행 연구들 중 포장용액의 삼투압 및 완충제로 인한 렌즈 파라미터 변화를 확인한 연구에서, 고함수 이온성 렌즈에서 통계적으로 유의하게 가장 큰 정도의 변화를 보였고 이는 본 연구결과와 일치하는 양상이었다.^[12] 또한 반복적인 온도 변화로 인한 렌즈의 파라미터의 변화를 분석한 조 등^[20]은 고함수 이온성 재질 렌즈에서 변화량이 더 크지만 packing 용액이 렌즈별로 차이가 있으므로 이에 대한 영향에 대해서 추가적인 연구의 필요성을 제시한 바 있다.

본 연구에서는 렌즈 파라미터에 영향을 미칠 수 있는 다른 요인을 제외하고 pH 변화에 따른 중심두께의 변화와 착색 유무에 따라 중심부와 주변부 두께의 변화를 살펴보고, 이에 따라 약산성과 약알칼리 조건에서 렌즈의 중심부 두께와 주변부 두께의 변화를 확인하였다. Norm은 건성각결막염 환자의 눈물이 정상보다 알칼리성이라고 보고한 바 있으며,^[7] 만성 안검염 환자의 눈물성분 변화를 알아본 한 선행연구에서 안검염에 대한 비 치료군인 경우에도 눈물의 pH가 약알칼리성으로 나타났다는 결과를 보고하였다.^[6] 이에 따라 눈물의 pH 변화가 있는 사람이 고함수 이온성 렌즈를 착용하였을 때 렌즈의 두께 변화가 발생할 수 있고, 더 나아가 생리적 변화와 자각적 증상에 영향을 미칠 수 있을 것으로 보인다. 실리콘 하이드로겔 렌즈의 건조수화 과정에서 두께변화에 따라 불규칙적인 변화가 나타났고 착용감 저하 및 시력 교정 효과에 영향을 미칠 가능성을 제기하였다.^[21] 또한 반복적인 온도 변화로 인한 렌즈 파라미터의 변화를 분석한 조 등의 연구에서도 가장 많은 변화를 보였던 etafilcon A 재질에 있어 착용감 저하나 불편감을 유발할 가능성을 제시하였다.^[20] 또한, 소프트렌즈 관리를 위해 사용되는 다목적용액의 pH가 개봉 직후에도 눈물과 동일한 7.4가 아니라 7.1~8.2 범위에 있으며 개봉 후에는 점차 산성화되어 24주 후에는 6.6~7.7로 상당히 넓은 pH 범위에 소프트렌즈가 노출될 수 있으므로^[22] 본 연구에서의 pH 변화에 따른 두께의 변화는 임상에서 야기될 수 있는 문제에 대한 원인 분석 및 해결책 마련에 도움이 될 것으로 보인다.

결론

본 연구에서는 생리적으로 나타날 수 있는 눈물 pH이며, 시판되고 있는 다목적 용액들의 pH 범위인 pH 6.6, 7.4, 7.8에서의 소프트렌즈의 중심 두께뿐만 아니라 주변부 두께에 어떠한 변화가 있는지를 알아보았다. 또한 재질의 특성에 따른 차이를 알아보기 위해 고함수 비이온성이지만 함

수율과 습윤물질 함유여부가 다른 nelfilcon A와 hilafilcon B 재질 렌즈와 고함수 이온성 재질인 etafilcon A 렌즈를 대상으로 pH 변화에 따른 두께의 변화를 비교 분석하였으며 착색에 의한 변화 유무를 알아보기 위해 투명렌즈와 동일한 재질의 씨클렌즈를 대상으로 하였다.

pH 변화에 따른 두께 변화는 중심 두께와 주변부 두께 모두 눈물의 pH인 7.4를 기준으로 보았을 때 렌즈 재질에 따라 약산성에서 두꺼워지거나 약알칼리성에서 두꺼워지는 경우가 있었지만 그 차이가 미미하였다. 하지만 실험대상 소프트렌즈의 착색여부는 pH에 따른 두께 변화에서 차이를 유발하는 경우가 나타났으며 통계적으로 의미있는 변화의 발생 여부는 렌즈 재질에 따라 달랐다. Nelfilcon A 재질 투명렌즈와 씨클렌즈의 두께는 중심부 및 주변부 모두 차이가 없었으며, hilafilcon B 재질 씨클렌즈의 중심 두께는 투명렌즈와 차이가 없으나 주변부 두께는 더 두꺼워졌다. 반면 etafilcon A 재질의 투명렌즈와 씨클렌즈의 두께 차이가 통계적으로 유의하게 컸으며 씨클렌즈의 중심두께가 더 얇았다. 주변부 두께 또한 etafilcon A 재질 씨클렌즈의 두께가 투명렌즈에 비해 통계적으로 유의하게 두꺼워졌다. 또한 hilafilcon B와 etafilcon A 재질 투명렌즈와 씨클렌즈의 중심부와 주변부 두께 차이는 pH가 높아질수록 더 커졌다.

렌즈를 착용하였을 때 눈물은 렌즈와 밀접한 관련이 있고 눈물의 pH 뿐만 아니라 완충계와 같이 눈물의 구성성분의 변화를 초래하는 외부환경과 렌즈 착용자의 눈 상태에 따라 다양할 수 있다. 본 연구에서는 pH가 다른 용액에 담갔을 때의 두께 변화를 분석하여 실제 임상에서의 눈물 pH 변화나 콘택트렌즈 관리용품에 노출되었을 때 일어날 수 있는 두께의 변화를 알아보았다. 중심 두께의 변화는 임상에서 굴절력 변화나 산소투과율에 영향을 미치는 요소이므로 pH 변화에 의한 중심 두께 변화로 인해 산소투과율에도 영향을 미칠 가능성이 있다. 또한 주변부 두께의 두꺼워짐은 산소투과율의 저하뿐만 아니라 위눈꺼풀과 아래눈꺼풀과의 마찰을 유발하여 렌즈 움직임의 증가로 인한 각막 및 결막의 자극과 착용감 변화를 유발할 가능성을 배제할 수 없다. 따라서 pH 변화로 인한 렌즈의 두께 변화는 임상에서 착용자가 느끼는 착용감의 차이의 하나의 원인이 될 수 있을 것이다.

REFERENCES

- [1] Andrew G, Judith M. The contact lens manual : a practical fitting guide, 3rd Ed. Boston: Butterworth-Heinemann, 2003;1-16.
- [2] Yamada M, Kawai M, Mochizuki H, et al. Fluorophotometric measurement of the buffering action of human tears in vivo. *Curr Eye Res.* 1998;17(10):1005-1009. DOI: <https://doi.org/10.1076/ceyr.17.10.1005.5239>
- [3] Abelson MB, Udell IJ, Weston JH. Normal human tear pH by direct measurement. *Arch Ophthalmol.* 1981;99(2):301. DOI: <https://doi.org/10.1001/archophth.1981.03930010303017>
- [4] Sung YJ, Ryu GC, Jun J. Adsorption properties of the lysozyme and albumin with physicochemical properties of the contact lens. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2013;18(3):261-270. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2013.18.3.261>
- [5] Chauhan A. Ocular drug delivery role of contact lenses. *Delhi J Ophthalmol.* 2015;26(2):131-135. DOI: <https://doi.org/10.7869/djo.154>
- [6] Rhim WI, Lee HS, Yun YS, et al. Analysis of tear composition in chronic blepharitis. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2003;44(4):931-936.
- [7] Norn MS. Tear fluid pH in normals, contact lens wearers, and pathological cases. *Acta Ophthalmol.* 1988;66(5):485-489. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1755-3768.1988.tb04368.x>
- [8] Abelson MB, Sadun AA, Udell IJ, et al. Alkaline tear pH in ocular rosacea. *Am J Ophthalmol.* 1980;90(6):866-869. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(14\)75203-1](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(14)75203-1)
- [9] Park M, Kwon MJ, Lee SH, et al. The adsorption pattern of protein to the soft contact lens and its effect on the visible light transmission and the contact angle. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2004;9(1):53-68.
- [10] Lee SE, Kim SR, Park M. Oxygen permeability of soft contact lenses in different pH, osmolality and buffering solution. *Int J Ophthalmol.* 2015;8(5):1037-1042. DOI: <https://doi.org/10.3980/j.issn.2222-3959.2015.05.33>
- [11] Park M, Kwon HL, Choi SA, et al. Changes in subjective/objective symptoms and the light transmissibility of lens associated with overusage of daily disposable circle contact lenses in normal eyes. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2013;18(4):429-439. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2013.18.4.429>
- [12] You DS, Moon BY. Evaluation of oxygen permeability of soft contact lenses based on thickness. *J Korea Acad Industr Coop Soc.* 2009;10(8):2157-2163. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2009.10.8.2157>
- [13] Meyer DR, McCulley JP. Differential effect of chelation on the pH tolerance of corneal epithelium in tissue culture. *Ophthalmic Res.* 1991;23:204-212. DOI: <https://doi.org/10.1159/000267104>
- [14] Carney LG, Hill RM. Human tear pH: diurnal variations. *Arch Ophthalmol.* 1976;194(5):821-824. DOI: <https://doi.org/10.1001/archophth.1976.03910030405011>
- [15] Garrett Q, Milthorpe BK. Human serum albumin adsorption on hydrogel contact lenses in vitro. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1996;37(13):2594-2602.
- [16] Choi HD, Kim YJ, Choi S, et al. The state of eyewash solution use and parameter changes in clear soft contact

- lenses from repeated solution use. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2018;23(2):97-110. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2018.23.2.97>
- [17] Lum E, Perera I, Ho A. Osmolality and buffering agents in soft contact lens packaging solutions. Cont Lens Anterior Eye. 2004;27(1):21-26.
- [18] Lee S, Hyung SM, Koh SH, et al. The effect of circle contact lens on the stability of tear film. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2015;20(2):125-131. DOI:<https://doi.org/10.14479/jkoos.2015.20.2.125>
- [19] Kim SR, Kang U, Seo BM, et al. A study on dye elution from the circle contact lenses. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2014;19(2):171-177. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2014.19.2.171>
- [20] Cho CK, Song TH, Lee SE, et al. Effects of repeated temperature changes on soft contact lens parameters. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2018;23(3):227-239. DOI: <https://doi.org/10.14479/jkoos.2018.23.3.227>
- [21] Kim SR, Kang BH, Jung IP, et al. The change in the parameters of silicone hydrogel lens and objective/subjective symptoms induced by repetitive dryness of lens. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2012;17(4):381-388.
- [22] Park M, Ha JR, Lee YM, et al. Changes of multi-purpose solutions for soft contact lens depending on using period or keeping temperature. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2004;9(2):381-389.

pH가 소프트콘택트렌즈의 두께에 미치는 영향

박지연¹, 황소담¹, 김소라², 박미정^{2,*}

¹서울과학기술대학교 안경광학과, 학생, 서울 01811

²서울과학기술대학교 안경광학과, 교수, 서울 01811

투고일(2020년 5월 26일), 수정일(2020년 6월 23일), 게재확정일(2020년 6월 24일)

목적: 본 연구에서는 pH 변화가 소프트콘택트렌즈의 중심 두께 및 주변부 두께에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 또한 소프트콘택트렌즈 재질 특성 및 착색 여부가 두께 변화에 미치는 영향에 대해 알아보려고 하였다. **방법:** pH가 6.6, 7.4 및 7.8인 인산완충식염수에 nelfilcon A, hilafilcon B, etafilcon A 재질의 투명렌즈와 씨클렌즈를 24시간 동안 담근 후 중심 두께와 주변부 두께를 측정하였다. **결과:** 눈물의 pH인 7.4와 비교하여 렌즈 재질에 따라서 pH 6.6에서 더 두꺼워지거나 pH 7.8에서 더 두꺼워지는 경우가 있었지만 그 차이가 미미하였다. Nelfilcon A 재질은 투명렌즈와 씨클렌즈간의 중심 두께 및 주변부 두께 차이가 없었다. Hilafilcon B 재질 씨클렌즈의 중심 두께는 투명렌즈와 차이가 없으나 주변부 두께는 더 두꺼워졌다. 반면 etafilcon A 재질은 씨클렌즈의 중심두께가 더 얇았으나 주변부 두께는 더 두꺼웠다. Hilafilcon B와 etafilcon A 렌즈의 착색 여부에 따른 중심부와 주변부 두께의 차이는 pH가 높아질수록 더 커졌다. **결론:** 본 연구에서는 안질환에 의한 눈물의 pH 변화나 관리용액의 pH 차이에 의해 소프트콘택트렌즈의 중심 두께 및 주변부 두께 변화가 나타날 수 있음을 밝혔다. 또한, 본 연구를 통하여 재질 특성 및 착색 여부에 따른 두께 변화의 차이는 임상에서의 착용감 차이의 원인이 될 수 있을 것임을 제안한다.

주제어: 소프트콘택트렌즈, pH, 중심 두께, 주변부 두께, 착색