



Evaluation for Surficial and Internal Hydrophilicity of Soft Contact Lenses

Hye Lim Park¹, Shin Jang Cheol², So Ra Kim¹, and Mijung Park^{1,*}

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

²Dept. of Optometry, Busan Institute of Science and Technology, Busan 46639, Korea

(Received August 11, 2017; Revised August 29, 2017; Accepted September 1, 2017)

Purpose: The aim of this study was to investigate the difference between the surficial and internal hydrophilicity of soft contact lenses (hereinafter soft lenses) due to the presence or absence of wetting agents and dyes. **Methods:** The surface and interior of 9 types of soft lenses available in the domestic market were stained with Sudan IV solution according to the modified Jacob method. The degree of hydrophilicity was determined by the converted concentration from the absorbance of Sudan IV extract obtained from the lenses according to the calibration curve. **Results:** The hydrophilicity of the soft lenses was improved five times and more by the inclusion of wetting agent, and the improvement degree of the hydrophilicity was varied depending on the type of soft lenses. Depending on the presence or absence of dyes, the degree of hydrophilicity of the surface and interior of the soft lenses was changed, and the hydrophilicity of the surface and the interior was influenced by the location of dye. **Conclusions:** From the present study, it was revealed that wetting agents and dyes affect the surface and internal hydrophilicity of soft lenses. Thus, the effect on hydrophilic properties may affect various material properties of soft lenses as well as comforness.

Key words: Soft contact lens, Surficial hydrophilicity, Internal hydrophilicity, Wetting agent, Tint

서 론

2015년에 시행된 한국 갤럽의 조사에 따르면 1990년대 3%대였던 콘택트렌즈 사용률은 현재 전체 인구의 7.1%로 2배 이상 증가하였다.^[1] 최초에는 시력 교정 및 의료용으로만 사용되었으나 미용 목적의 써클소프트콘택트렌즈(이하 써클렌즈)도 보편화되면서 콘택트렌즈 사용 인구가 늘어남과 동시에 콘택트렌즈 착용자의 나이가 어려워지고 있는 추세이다.^[2]

그러나 콘택트렌즈 착용자의 일부는 건조감, 충혈, 이물감 등의 이유로 렌즈 착용을 중단하기도 한다.^[3-5] 콘택트렌즈는 눈물막 사이에 위치하면서 눈물과 긴밀한 상호작용을 하게 되는데, 재질에 따라 다양한 눈물 속의 단백질, 지질, 칼슘 등이 부착되는 양상을 보인다.^[6] 이러한 침전물들이 시간이 지나 변성을 일으키게 되면 착용감에 좋지 않은 영향을 줄 뿐만 아니라 심한 경우 결막염, 상안검 결막 충혈 및 윤부 충혈 등과 같은 안과질환을 일으키기도 한다.^[3] 이러한 사용자의 불편함과 부작용을 감소시키고자 제조사에서는 콘택트렌즈의 착용 주기를 짧게 하여 위생적인 부분의 문제를 해결하고, 재질의 산소투과성과 습윤

성을 높이는 등 여러 불편감을 해소하기 위해 노력을 기울이고 있다. 현재 착용감을 보는 척도는 주로 접촉각 측정기를 통해 콘택트렌즈의 습윤성을 평가하는데,^[7] 실제 콘택트렌즈 착용 시 눈물막 안에 콘택트렌즈가 존재하기 때문에 재질의 전체적인 습윤성이 중요하다.^[6] 콘택트렌즈는 제조 방식마다 표면 처리 방식이 다르고, 하나의 렌즈에서도 부분별 표면의 거칠기나 착색 유무 등의 차이점이 있으나^[8,9] 전체적인 표면 친수성에 대한 평가가 미미한 실정이다. Jacob 등^[10]은 선행 연구를 통해 수단(Sudan) IV 용액으로 실리콘 하이드로겔 콘택트렌즈의 표면과 내부를 염색하여 각 콘택트렌즈의 표면 및 내부의 소수성 정도를 비교한 바 있다. 이 방법은 접촉각 측정만으로 콘택트렌즈의 습윤성을 평가한 기존의 연구에서 진일보하여 표면뿐만 아니라 내부의 습윤성까지도 비교 평가할 수 있다는 장점이 있다.

콘택트렌즈에 습윤제를 함유시키거나 표면처리를 하여 습윤성을 증가시키기도 하지만 콘택트렌즈의 습윤성을 저하시키는 요인들도 존재한다. 그 중에 하나가 눈물성분의 침착이며 특히 눈물 단백질이 침착된 소프트렌즈는 습윤성 저하, 착용감 저하, 시력 저하, 염증질환 유발, 세균 감

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

본 논문의 일부내용은 2017년도 한국안광학회 하계학술대회에서 포스터로 발표되었음.

염 유발 및 렌즈의 변색 등 여러 가지 부작용의 원인이 된다고 알려져 있다.^[11] 콘택트렌즈에 침전되는 단백질은 크기가 다양하여 일부 단백질의 경우 재질 내부로 침전되기도 한다.^[12] 표면 및 내부에 침착된 단백질은 침착 시간이 경과됨에 따라 변성되며, 지방질 및 칼슘과 결합하여 시력을 방해할 수 있고, 렌즈 파라미터의 변화를 일으켜 사용자의 피팅 상태에 영향을 주기 때문에 사용자의 착용감과 안구 건강에 영향을 줄 수 있다.^[13]

또한, 써클렌즈의 경우 투명 소프트콘택트렌즈(이하 투명렌즈)와 동일한 재질이라 하더라도 착색을 위해 첨가되는 염료의 물성에 의해 투명렌즈와는 다른 물성을 가질 수 있으며, 착색 공법 중 샌드위치 공법과 같이 염료가 내부에 위치해 있거나 표면에 염료가 있더라도 캡슐레이션을 하는 경우가 있어 착색 유무에 따라 표면 및 내부의 친수성이 달라질 가능성이 크다.^[14] 염료 외에도 산소투과나 착용감을 위해 렌즈 내부 재질에 변형을 가하거나 습윤인자를 첨가하여 소프트렌즈의 기능을 향상시킨 렌즈들의 경우는 일반적으로 알고 있는 모노머만의 특성만으로 소프트렌즈 표면 및 내부의 특성이 결정되지 않게 된다.^[9,15]

따라서 본 연구는 소프트렌즈 표면과 내부의 친수성을 정량적으로 제시하여 소프트렌즈 재질의 특성을 이해하는데 목적이 있다. 이에 시중에서 쉽게 구할 수 있는 소프트렌즈의 친수성을 평가하여 재질 종류, 습윤제 유무, 착색 유무 및 위치에 따라 표면 및 내부의 친수성이 어떻게 달라지는지를 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

국내 시판 중인 일일 착용 콘택트렌즈(daily disposable contact lens) 9종을 대상으로 하였다. 재질이 동일하며, 습윤제 함유 여부 혹은 착색 여부가 다른 소프트렌즈 군으로 분류하였으며 etafilcon A 재질이면서 투명렌즈(EC 렌즈), 습윤렌즈(ECP 렌즈), 써클렌즈(ET 렌즈), 습윤제 함유 써클렌즈(ETP 렌즈)와 hilafilcon B 재질의 투명렌즈(HC 렌즈), 써클렌즈(HT 렌즈), 그리고 nelfilcon A 재질의 투명렌즈(NC 렌즈), 습윤렌즈(NCP 렌즈), 써클렌즈(NT 렌즈)를 사용하였다. Etafilcon A 재질 렌즈에 함유된 습윤제는 polyvinylpyrrolidone(PVP)이었으며, nelfilcon A 재질 렌즈에 함유된 습윤제는 PEG(polyethylene glycol)와 HPMC(hydroxypropyl methylcellulose)이었다(Table 1).

2. 친수성 측정 방법

수정된 Jacob 등^[10]의 방법에 따라 수단 IV 용액을 제조하였다. 2.0 g의 수단 IV 과우더(Sigma Aldrich, Inc, MO, USA)와 실리콘오일(200F-1000CS, 새한실리켄사, Seoul, Korea) 96.3 g을 자기 교반기(LMS-1003, Dai-han, Korea)를 이용해 30분 동안 교반한 후, 원심분리기(Z300, Hermile-Labortechnik, Germany)를 이용하여 6000 rpm의 속도로 40분간 원심분리한 침전물에 실리콘 오일을 첨가하여 60 ml의 수단 IV 용액을 제조하였다. 5 ml의 수단 IV 용액에

Table 1. Properties of soft contact lenses used in this study

Lens	EC	ECP	ET	ETP	HC	HT	NC	NCP	NT
Manufacturer	Johnson&Johnson			Bausch+Lomb		Alcon			
USAN [†]	etafilcon A			hilafilcon B		nelfilcon A			
Clear or Circle(tinted)	Clear		Circle		Clear	Circle	Clear		Circle
Replacement schedule (day)		1			1		1		
Water contents (%)		59			59		69		
Center thickness (mm)		0.084			0.09		0.113		
Total diameter (mm)		14.2			14.2		13.8	14.0	13.8
Base curve (mm)		8.5			8.6		8.6	8.7	8.6
Dk/t [‡]		33			11		26		
FDA Group category		IV			II		II		
Monomer	HEMA, MA	HEMA, MA, PVP	HEMA, MA	HEMA, MA, PVP	HEMA, NVP	HEMA, NVP	HEMA, PVA	HEMA, PVA, HPMC, PEG	HEMA, PVA

EC: etafilcon A clear, ECP: etafilcon A clear with PVP, ET: etafilcon A tinted, ETP: etafilcon A tinted with PVP, HC: hilafilcon B clear, HT: hilafilcon B tinted, NC: nelfilcon A clear, NCP: nelfilcon A clear with PEG, NT: nelfilcon A tinted, HEMA: hydroxyethyl methacrylate, MA: methacrylate, PVP: poly-vinyl pyrrolidone, NVP: n-vinyl pyrrolidinone, PVA; poly-vinyl alcohol, HPMC: hydroxypropyl methylcellulose, PEG: poly-ethylene glycol

[†]United States Adopted Name

[‡]Oxygen transmissibility, $Dk/t \times 10^{-9}(\text{cm}^2/\text{sec})(\text{mlO}_2/\text{ml} \times \text{mmHg})$

렌즈를 1개씩 넣고 실온에서 왕복식 진탕기(CR300, FINEPCS, Korea)를 이용하여 50 rpm의 속도로 30분 또는 16시간 진탕하면서 렌즈를 염색하였다. 염색된 렌즈를 인산완충용액(phosphate buffer saline, pH 7.4, 0.1 M) 4 ml를 이용하여 2번 헹군 후, DMSO(dimethyl sulfoxide) 1 ml에 넣고 실온에서 초음파 추출기(SD-350H, 성동초음파, 대한민국)에서 45분 동안 수단 IV 염료를 용출시킨 후 용출 염료를 마이크로플레이트리더(FLx800, BioTek, USA)를 이용하여 522 nm에서 흡광도를 측정하였다. 흡광도 검량선에 따라 수단 IV의 농도($\mu\text{g}/\text{lens}$)를 구하였다. Jacob 등^[10]의 방법에서와 마찬가지로 30분 염색시의 농도를 렌즈의 ‘표면’ 친수성, 16시간 염색시의 농도를 렌즈의 ‘전체(내부+표면)’ 친수성으로 판정하였으며 ‘내부’ 친수성 전체 값에서 표면 값을 뺀 계산 값을 사용하였다. 용출된 수단 IV의 농도가 낮을수록 친수성이 더 큰 것으로 평가하였다.

3. 통계처리

모든 실험은 2회 이상 반복실험 하였으며 실험결과는 평균±표준편차로 나타났다. 표면과 내부의 습윤제 함유 여부 및 착색 유무에 따른 친수성 평가의 통계적 유의성은 독립표본 T 검정, 동일 재질 소프트렌즈 간의 표면 및 내부에 대한 친수성 평가는 대응표본 T 검정을 사용하였으며, $p < 0.05$ 인 경우에 유의성이 있다고 판정하였다.

결과 및 고찰

1. 습윤제 함유 여부에 따른 친수성 평가

Etafilcon A 재질 렌즈의 친수성 평가에서 전체의 친수성은 EC 33.4 $\mu\text{g}/\text{lens}$, ECP 14.9 $\mu\text{g}/\text{lens}$ 로 통계적으로 유의한 차이였고($p = 0.023$), 표면의 친수성은 EC 10.8 $\mu\text{g}/\text{lens}$, ECP 10.0 $\mu\text{g}/\text{lens}$ 로 통계적으로 유의한 차이는 아니었다($p = 0.227$). 내부의 경우는 EC 22.6 $\mu\text{g}/\text{lens}$, ECP 4.9 $\mu\text{g}/\text{lens}$ 로 습윤제가 들어있는 렌즈가 4.6배 친수성이 큰 것으로 나타났다. Etafilcon A 투명렌즈의 경우 습윤제에

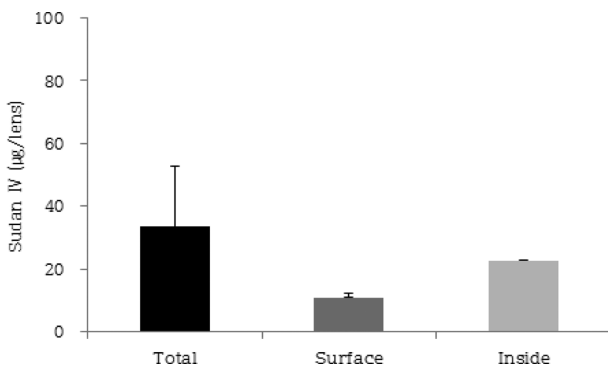


Fig. 1. The surficial and internal hydrophilicity of EC lens.

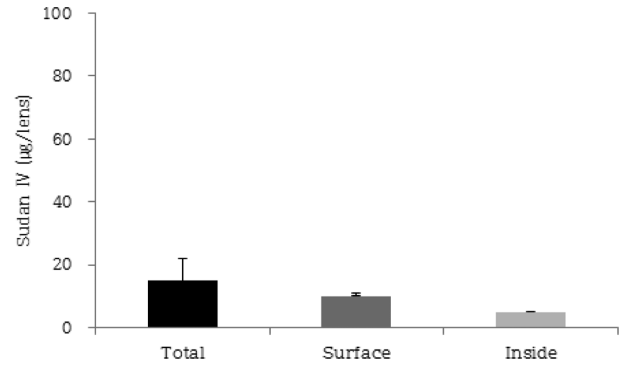


Fig. 2. The surficial and internal hydrophilicity of ECP lens.

의해 친수성이 향상되었다(Fig. 1과 2).

Etafilcon A 씨클렌즈의 친수성 평가에서 전체 친수성은 ET 63.6 $\mu\text{g}/\text{lens}$, ETP 12.3 $\mu\text{g}/\text{lens}$ 로 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p = 0.000$). 표면의 친수성은 ET 13.3 $\mu\text{g}/\text{lens}$, ETP 3.3 $\mu\text{g}/\text{lens}$ 로 통계적으로 유의한 차이가 있어 PVP 습윤제가 렌즈 표면의 친수성에 영향을 미친 것으로 나타났다($p = 0.002$). 내부의 친수성은 ET 50.3 $\mu\text{g}/\text{lens}$, ETP 9.0 $\mu\text{g}/\text{lens}$ 로 내부 친수성이 5.6배 높았다. Etafilcon A 씨클렌즈에서도 PVP 습윤제에 의한 친수성 향상을 확인하였다(Fig. 3과 4).

Nelfilcon A 투명렌즈의 친수성 평가에서 전체의 친수성은 NC 0.98 $\mu\text{g}/\text{lens}$, NCP 0.84 $\mu\text{g}/\text{lens}$ 로 통계적으로 유의

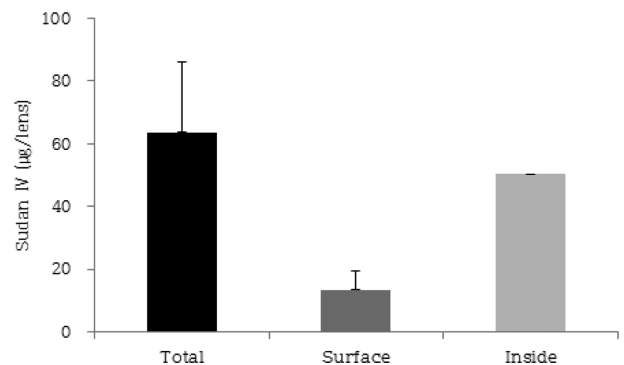


Fig. 3. The surficial and internal hydrophilicity of ET lens.

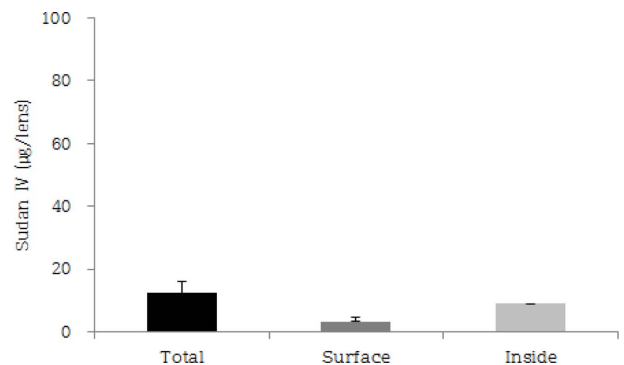


Fig. 4. The surficial and internal hydrophilicity of ETP lens.

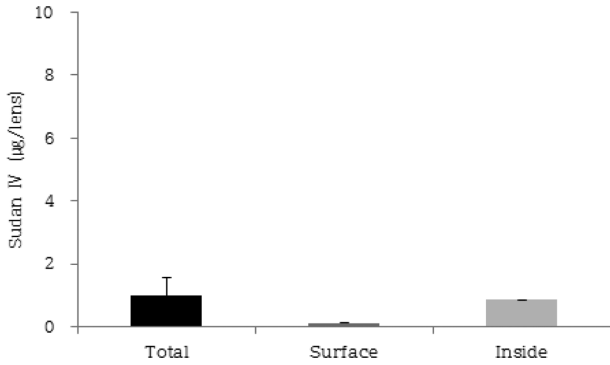


Fig. 5. The surficial and internal hydrophilicity of NC lens.

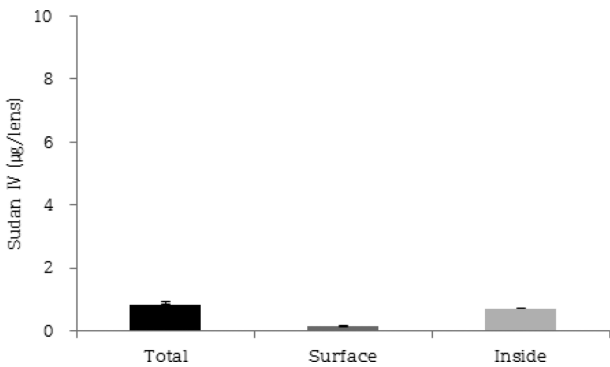


Fig. 6. The surficial and internal hydrophilicity of NCP lens.

한 차이는 아니었고($p = 0.468$), 표면의 친수성은 NC 0.12 µg/lens, NCP 0.13 µg/lens로 통계적으로 유의한 차이는 아니었다($p = 0.791$). 또한 내부의 친수성은 NC 0.86 µg/lens, NCP 0.71 µg/lens로 1.2배 더 큰 것으로 나타났으나, nelfilcon A 재질 렌즈의 경우는 흡윤제가 함유된 렌즈와 함유되지 않은 렌즈 모두 친수성이 커서 친수성 차이가 크지 않았다(Fig. 5와 6).

2. 착색 유무에 따른 친수성 평가

Etafilcon A 재질 렌즈의 친수성 평가에서 전체 친수성은 EC 33.4 µg/lens, ET 63.6 µg/lens로 통계적으로 유의한 차이가 있었고($p = 0.008$), 표면의 친수성은 EC 10.8 µg/lens, ET 13.3 µg/lens로 투명렌즈의 친수성이 더 높았으나 통계적으로 유의한 차이는 아니었다($p = 0.268$). 내부의 경우는 EC 22.6 µg/lens, ET 50.3 µg/lens로 투명렌즈의 친수성이 2.2배 높았다(Fig. 1과 4). 흡윤제를 포함한 etafilcon A 재질 렌즈의 친수성은 전체의 경우 ECP 14.9 µg/lens, ETP 12.3 µg/lens로 통계적으로 유의한 차이는 아니었고($p = 0.348$), 표면은 ECP 10.0 µg/lens, ETP 3.3 µg/lens로 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p = 0.000$). 내부 친수성은 ECP 4.9 µg/lens, ETP 9.0 µg/lens로 투명렌즈의 친수성이 1.8배 더 높은 것으로 나타났다(Fig. 2와 4).

Hilafilcon B 재질 렌즈의 친수성 평가에서 전체 친수성

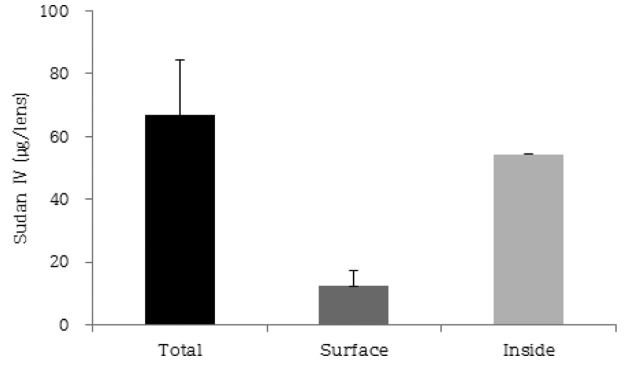


Fig. 7. The surficial and internal hydrophilicity of HC lens.

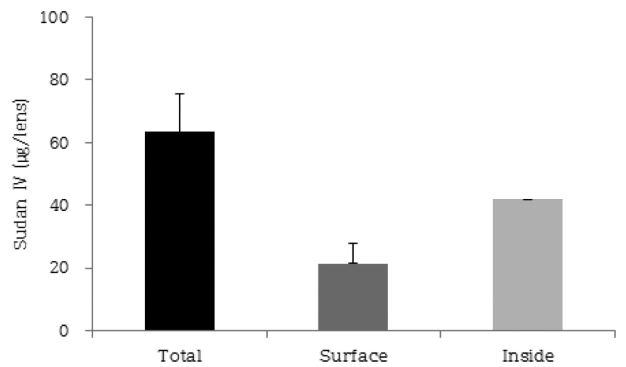


Fig. 8. The surficial and internal hydrophilicity of HT lens.

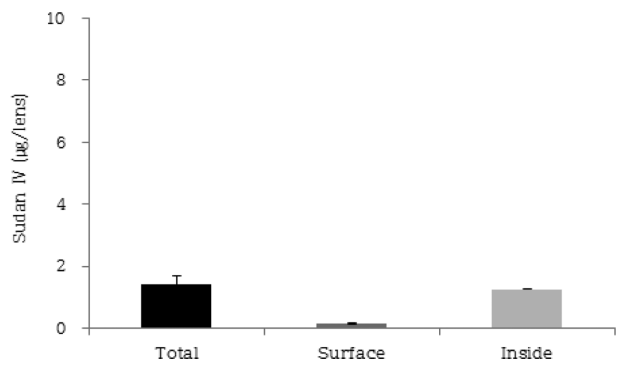


Fig. 9. The surficial and internal hydrophilicity of NT lens.

은 HC 66.7 µg/lens, HT 63.3 µg/lens로 통계적으로 유의한 차이는 아니었고($p = 0.633$), 표면의 친수성은 HC 12.3 µg/lens, HT 21.4 µg/lens로 통계적으로 유의한 차이였고($p = 0.005$) 투명렌즈의 표면 친수성이 1.7배 높은 것으로 나타났다. 반면 내부 친수성은 HC 54.4 µg/lens, HT 41.9 µg/lens로 써클렌즈의 친수성이 1.3배 더 높은 것으로 나타났다(Fig. 7과 8).

Nelfilcon A 재질 렌즈의 전체 친수성은 NC 0.98 µg/lens, NT 1.39 µg/lens($p = 0.072$), 표면의 친수성은 NC 0.12 µg/lens, NT 0.13 µg/lens($p = 0.439$)로 통계적으로 유의한 차이는 아니었다. 내부 친수성은 NC 0.86 µg/lens, NT 1.26 µg/lens로 전체, 표면, 내부에서 투명렌즈 친수성

이 더 높았다(Fig. 5와 9).

본 연구에서 착색 유무와 상관없이 습윤제인 PVP를 포함한 etafilcon A에서 표면 및 내부 친수성이 우수한 것으로 나타났다. 투명렌즈와 착색렌즈에서 정도의 차이는 있었으나 PVP가 재질의 표면 및 내부 모두의 친수성에 영향을 끼치는 것으로 나타나, PVP를 포함한 렌즈의 경우 상대적으로 습윤성이 높다는 것을 알 수 있었다. 최근 etafilcon A 재질 써클렌즈의 염료 위치에 대한 연구에서 주사전자현미경을 사용한 써클렌즈의 수직 단면 촬영 결과 BWIC(beauty-wrapped-in-comfort) 공법으로 제조한 ET와 ETP 렌즈는 재질 내부에 염료가 존재 한다는 것을 확인한 바 있다.^[16] 본 연구의 결과에 의하면 EC와 ET 렌즈의 표면 친수성이 차이가 있었으나 통계적으로 유의할 정도의 차이는 아닌 반면 내부 포함 친수성은 투명렌즈가 약 1.9배 더 높았다. 이러한 결과는 재질 내에 위치한 염료가 내부 친수성에 영향을 미친 것으로 유추해 볼 수 있었다. Hilafilcon A 재질의 써클렌즈는 주사전자현미경으로 수직 단면을 촬영하였을 때 염료가 렌즈 표면에 위치함이 확인된 바 있다.^[16] 본 연구에서 hilafilcon A 재질 투명렌즈의 표면 친수성이 써클렌즈에 비해 1.7배 더 높았으며, etafilcon A 재질 렌즈와 마찬가지로 염료에 의해 친수성이 영향을 받은 것으로 생각된다.

습윤제 함유 유무에 따른 친수성 평가에서 습윤제가 함유되지 않은 써클렌즈인 ET의 경우 표면 13.3 $\mu\text{g}/\text{lens}$, 내부 포함 63.6 $\mu\text{g}/\text{lens}$ 이었고, 습윤제가 함유된 써클렌즈인 ETP의 경우 표면 3.3 $\mu\text{g}/\text{lens}$, 내부 포함 12.3 $\mu\text{g}/\text{lens}$ 였다. ET는 내부의 경우 50.3 $\mu\text{g}/\text{lens}$, ETP는 9.0 $\mu\text{g}/\text{lens}$ 으로 PVP가 없는 써클렌즈의 표면과 내부의 친수성 차이가 더 큰 것으로 나타났다. ET는 써클렌즈의 염료가 친수성 정도에 차이를 유발할 수 있다는 결과에 부합하였으나, ETP는 그 차이가 미미하였다. 이는 렌즈 재질 내에 존재하는 PVP가 염료로 인한 소수성화를 상쇄시켜서 나타난 결과로 보인다. 써클렌즈에 사용되는 염료는 물 및 유기용제에 녹지 않는 분말상의 착색제로 일반적으로 소수성을 나타내고, 이로 인해 렌즈의 습윤성을 저하시킨다고 보고된 바 있다.^[17] 본 연구에서는 염료의 위치에 의해서도 표면과 내부의 친수성이 영향을 받을 수 있다는 것을 확인하였다.

Nelfilcon A 재질 렌즈의 경우는 습윤제가 함유되지 않은 투명렌즈가 다른 재질 소프트렌즈보다 친수성이 크게 좋았으며, 습윤제 함유 여부가 표면 및 내부 모두의 친수성에 영향을 미치지 않았다. 또한, 표면에 염료가 침착되어 있는 nelfilcon A 재질 써클렌즈 역시 친수성에 차이가 없어 렌즈 재질에 따라서 습윤제 함유 여부 및 착색 여부에 의한 친수성의 변화가 달라짐을 확인할 수 있었다.^[8]

본 연구에서 동일 렌즈 재질 간의 습윤제 함유 여부 및

착색 여부에 따른 습윤성 비교는 습윤성 및 착색 여부만을 제외하고는 다른 파라미터가 동일하였기 때문에 가능한 것이다. 재질이 다른 소프트렌즈 간에는 렌즈 디자인이나 중심 두께 등에 따라 수단 IV의 흡수 양이 다를 수 있기 때문에 소프트렌즈 재질에 따른 비교는 오차가 존재할 것으로 보인다.

콘택트렌즈 표면 및 내부의 단백질 침착에 대한 Garrette 등^[12]과 이 등^[13]의 선행 연구 결과에서 눈물 속에 존재하는 단백질이 콘택트렌즈의 표면에만 침착되는 것이 아니라, 상대적으로 크기가 작은 단백질의 경우 렌즈 재질을 관통하여 침착될 수 있다고 하였다. 또한 FDA Group IV로 분류되는 하이드로겔 콘택트렌즈에 라이소자임을 침착시킨 결과, 표면 침착량 보다는 적었지만 내부 침착도 발견되었으며, 일부민의 경우에도 내부 침착도 발생했다고 하였다.^[12,18,19] 이렇게 렌즈 재질을 관통하는 단백질의 경우, 재질 내부의 성질이 단백질 흡착에 영향을 줄 것으로 본다. 노^[20]의 연구에 의하면 PVP를 HEMA에 공중합한 경우 PVP의 영향으로 친수성이 강화되었다고 하였고, 그 영향으로 일부민의 흡착량이 미미하게 적었으며 습윤성이 증가함에 따라 일부민의 흡착량이 점차 감소하였다고 하였다. 이는 콘택트렌즈 표면의 연구에 국한된 것이지만, 습윤성이 단백질 흡착에 영향을 줄 수 있다는 의미로 해석할 수 있을 것이다. 이 등^[15]의 연구에서 HEMA 재질에 PVP를 첨가하였을 때 PVP 함량에 따라 습윤성이 점차 증가하는 것을 증명한 바 있다. 본 실험에서 사용한 ECP, ETP는 렌즈 재질 내에 PVP가 존재하기 때문에 내부 습윤성에 영향을 줄 수 있을 것으로 보인다. 또한 HT는 표면에 염료가 위치하기 때문에 표면 습윤성에, ET와 ETP의 경우는 렌즈 내부에 염료가 위치함에 따라 내부 습윤성에 영향을 줄 것이다. 따라서 콘택트렌즈의 내부의 습윤성 정도에 따라서 가용성 단백질의 흡착량이 달라질 수 있을 것이며, etafilcon A 재질의 PVP는 렌즈 재질 내의 습윤성을 높이고, 염료는 습윤성을 낮춰 가용성 단백질의 흡착에 영향을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

결 론

본 연구에서는 시중에 판매 중인 소프트렌즈의 표면 및 내부의 친수성을 정량적으로 평가하여 재질의 특성을 이해하고자 하였다.

Etafilcon A 재질 투명렌즈의 경우 습윤제가 표면의 친수성보다 내부 친수성에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 써클렌즈의 경우는 표면과 내부 모두 습윤제가 함유된 렌즈의 친수성이 더 높은 것으로 나타났다. Nelfilcon A 렌즈의 경우 표면 및 내부 모두 친수성이 매

우 높아 습윤제 함유 여부, 착색 유무 및 염료의 위치에 의한 차이가 크지 않았다. 샌드위치 공법으로 염료가 내부에 존재하는 etafilcon A 재질 씨클렌즈는 투명렌즈와 전체 친수성 비교 시 투명렌즈의 친수성이 씨클렌즈 보다 1.9배 높았다. 반면 렌즈 표면에 염료가 위치한 hilafilcon B 재질은 씨클렌즈와 투명렌즈의 전체 친수성은 유의한 차이는 없었으나, 표면의 친수성은 투명렌즈가 1.7배 높고, 내부의 친수성은 씨클렌즈가 1.3배 높았다.

본 연구에서 습윤제 함유 여부 및 착색 유무에 따라 소프트렌즈의 친수성이 달라질 수 있음을 밝혔으며, 친수성의 향상 정도는 소프트렌즈 재질에 따라 정도의 차이가 있음을 알 수 있었다. 본 연구를 통하여 습윤제 및 염료가 콘택트렌즈 표면 및 내부 특성에 미치는 영향을 정량적으로 제시하였으며 이러한 결과는 콘택트렌즈 착용으로 인한 착용감, 눈물 성분 침착 정도의 차이 및 각막에 대한 생리적인 상호작용에 직간접적인 영향을 미칠 것으로 보인다. 기술 개발을 거듭하는 현대의 소프트렌즈는 표면 및 내부를 다양하게 변화시키면서 사용자의 요구 사항을 충족시키고 있다. 본 연구를 통한 소프트렌즈의 표면과 내부의 친수성에 대한 이해는 사용자의 건강하고 편안한 콘택트렌즈 사용에 도움을 줄 것으로 기대한다.

REFERENCES

- [1] Korean Optometric Association. Gallup Korea: National glasses utilization, 2015. http://www.optic.or.kr/cate_03/eOpticnews.asp?nmode=view&OnsSeq=2570&search_what=&keyword=&search_type=4&page=4 (15 November 2016).
- [2] Lee JH, Lee KS, Chu BS. Contact lens prescribing pattern in Korean during 2010 to 2013. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2014;19(3):323-329.
- [3] Dong EY, Kim E. Result of population-based questionnaire on the symptoms and lifestyle associated with contact lens. *J Korean Ophthalmol Soc.* 2001;42(1):30-35.
- [4] Pritchard N, Fonn D, Brazeau D. Discontinuation of contact lens wear: a survey. *Int Contact Lens Clin.* 1999; 26(6):157-162.
- [5] Richdale K, Sinnott LT, Skadahl E, Nichols JJ. Frequency of and factors associated with contact lens dissatisfaction and discontinuation. *Cornea.* 2007;26:168-174.
- [6] Maki KL, Ross DS. Exchange of tears under a contact lens is driven by distortions of the contact lens. *Integr Comp Biol.* 2014;54(6):1043-1050.
- [7] Menzies KL, Jones L. The impact of contact angle on the biocompatibility of biomaterials. *Optom Vis Sci.* 2010 87(6):387-399.
- [8] Park SH, Kim SR, Park M. Relationship between the deposition of tear constituents and the adherence of *Candida albicans* according to soft contact lens materials and pigmentation. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2016;21(3): 215-225.
- [9] Ji YW, Cho YJ, Lee CH, Hong SH, Chung DY, Kim EK et al. Comparison of surface roughness and bacterial adhesion between cosmetic contact lenses and conventional contact lenses. *Eye Contact Lens.* 2015;41(1):25-33.
- [10] Jacob JT, Levet J Jr, Edwards TA, Dassanayake N, Ketelson H. Visualizing hydrophobic domains in silicone hydrogel lenses with Sudan IV. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012; 53(7):3473-3480.
- [11] Ju EH, Sung AY, Oh SJ, Lee KJ. The effect of protein deposit on water content, oxygen transmissibility and contact angle of the soft contact lens. *Korean J Vis Sci.* 2010;12(4):291-302.
- [12] Garrett Q, Garrett RW, Milthorpe BK. Lysozyme sorption in hydrogel contact lenses. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1999;40(5):897-903.
- [13] Lee JY, Lee JI, Kim SR, Park M. Correlation between tear proteins deposition and oxygen transmissibility of soft contact lenses. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2017; 22(2):97-103.
- [14] Kim SR, Kang U, Seo BM, Park M. A study on dye elution from the circle contact lenses. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2014;19(2):171-177.
- [15] Lee MJ, Sung AY, Kim TH. Influence of wetting agents on physical properties of soft contact lens. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2014;19(1):43-49.
- [16] Lorenz KO, Kakkassery J, Boree D, Pinto D. Atomic force microscopy and scanning electron microscopy analysis of daily disposable limbal ring contact lenses. *Clin Exp Optom.* 2014;97(5):411-417.
- [17] Kim TH, Ye KH, Sung AY. Study on the wettability of cosmetic color contact lens. *Korean J Vis Sci.* 2010;12(2): 119-125.
- [18] Heynen M, Babaei Omali N, Fadli Z, Coles-Brennan C, Subbaraman LN, Jones L. Selectivity and localization of lysozyme uptake in contemporary hydrogel contact lens materials. *J Biomater Sci Polym Ed.* 2017;28(13):1351-1364.
- [19] Luensmann D, Glasier MA, Zhang F, Bantsev V, Simpson T, Jones L. Confocal microscopy and albumin penetration into contact lenses. *Optom Vis Sci.* 2007;84(9): 839-847.
- [20] Noh HR. Interfacial and rheological properties of selected hydrogel formulations for soft contact lens. *Polym Korea.* 2012;36(2):190-195.

소프트콘택트렌즈의 표면 및 내부 친수성 평가

박혜림¹, 신장철², 김소라¹, 박미정^{1,*}

¹서울과학기술대학교 안경광학과, 서울, 01811

²부산과학기술대학교 안경광학과, 부산, 46639

투고일(2017년 8월 11일), 수정일(2017년 8월 29일), 게재확정일(2017년 9월 1일)

목적: 습윤제 함유 유무 및 착색 유무에 의한 소프트콘택트렌즈(이하 소프트렌즈)의 표면 및 내부 친수성의 차이를 알아보고자 하였다. **방법:** 국내에 시판 중인 9가지 종류의 소프트렌즈의 표면 및 내부를 수정된 Jacob의 방법에 따라 수단 IV 용액으로 염색하였다. 렌즈에 흡착된 수단 IV 추출액의 흡광도를 검량선에 따라 농도로 환산하여 친수성 정도를 판단하였다. **결과:** 습윤제 함유에 의해 소프트렌즈의 친수성이 5배 이상 향상되는 경우가 있으며, 친수성의 향상 정도는 소프트렌즈에 따라 차이가 있었다. 착색 유무에 따라 소프트렌즈 표면과 내부 친수성의 정도가 달라질 수 있으며, 염료의 위치에 의해서도 표면과 내부의 친수성이 영향을 받았다. **결론:** 본 연구를 통해 습윤제 및 착색염료가 소프트렌즈 표면 및 내부 친수성에 영향을 미친다는 것을 밝혔으며, 이러한 친수성에 대한 영향은 착용감뿐만 아니라 소프트렌즈의 여러 재질 특성에 영향을 미칠 수 있을 것이라 보인다.

주제어: 소프트콘택트렌즈, 표면 친수성, 내부 친수성, 습윤제, 착색