

The Effect of Non-compliant Use of an Eyewash Solution on Lens Parameters and Pigmentation of Circle Soft Contact Lenses

Jihye Kim¹, Minhye Park¹, Doyeon Yoo¹, Jang Cheol Shin², Mijung Park¹, and So Ra Kim^{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 November 1, 2018; Revised November 15, 2018; Accepted November 29, 2018)

Purpose: In the present study, the effect of exposure to eyewash solution on lens parameters and dye elution of circle soft contact lenses (hereafter circle lenses) was investigated. The restoration of circle lens parameters changed by exposure to eyewash solution was also tested. **Methods:** Four hydrogel circle lenses (etafilcon A, hilafilcon B, nelfilcon A, and polymacon) and a silicone hydrogel circle lens (lotrafilcon B) were selected and exposed to an eyewash solution for 1, 2, 4, and 8 hours. The change of lens parameters was confirmed by measuring refractive power, central thickness, total diameter, radius of curvature, water content, and visible light transmission of each lens before and after the exposure to eyewash solution. Dye elution was investigated using a cotton swab rubbing test and observation through scanning electron microscopy (SEM). **Results:** The refractive error of etafilcon A and nelfilcon A circle lenses, high water content hydrogel lenses, significantly increased, and their total diameter, base curvature, and water content significantly decreased after exposure to the eyewash solution; however, the pattern of change with respect to exposure time was different according to the ionicity of lens materials. On the other hand, central thickness and total diameter of the hilafilcon B circle lens, high water and non-ionic lens, increased until 1 hour-exposure time. The lens parameters of polymacon (low water and non-ionic hydrogel) and lotrafilcon B (silicone hydrogel) were not significantly affected by the eyewash solution. The change in parameters of those circle lenses as a result of exposure to eyewash solution were restored after 1-hour treatment with multi-purpose solution (MPS), indicating that there was no statistically significant difference between the levels before eyewash solution exposure for all circle lenses. After 8-hour treatment in MPS, it was confirmed that the lens parameters were recovered to within the allowable range of error provided by Korea Food and Drug Administration (KFDA) except for nelfilcon A circle lens. Dye elution was observed in the hilafilcon B, polymacon and lotrafilcon B circle lenses before and after exposure to the eyewash solution as assessed using the cotton swab rubbing test, and surface damage was observed using SEM after 8 hour-exposure to eyewash solution. **Conclusions:** From the results of this study, it was revealed that the change over time and pattern of lens parameters in high water circle lenses varied based on ionicity when exposed to eyewash solution, and these changes were all restored to within the allowable range of error provided by KFDA when further treated with MPS. Dye elution and surface damage of the circle lenses were observed in non-ionic low water hydrogel and silicone hydrogel lens exhibited no parameter change. Therefore, it is expected that repeated rubbing and/or wearing circle lenses that have induced change of lens parameter or possibility of dye elution due to surface damage after exposure to eyewash solution will affect not only the fit of the lens but also eye health.

Key words: Eyewash solution, Circle soft contact lens, Hydrogel lens, Silicone hydrogel lens, Lens parameter, Lens surface, Dye elution

서 론

최근 대기오염의 가장 큰 문제로 언급되는 미세먼지, 황사 등은 각막표면에 손상을 주고 각막의 염증, 알레르기성 결막염 및 다래끼 등을 유발하는 것으로 알려져 있다.^[1-3]

안구에 남아있는 이물질 제거를 위해 안구세안액의 사용에 대한 필요성이 대두되었고 판매량 또한 증가되었다.^[4] 안구세안액의 주성분인 콘드로이틴설페이트나트륨의 경우 눈물층을 안정시켜 보습과 윤회작용을 하며,^[5] 이 외에도 피리독신 염산염, 타우린 등의 성분은 눈 건강을 위한

*Corresponding author: So Ra Kim, TEL: +82-2-970-6264, E-mail: srk2104@seoultech.ac.kr

본 논문의 일부내용은 2018년도 한국안광학회 하계학술대회에서 포스터로 발표되었음.

각종 비타민이 포함되어 있어 안구를 세안하는 용도 뿐 아니라 안구의 눈물층 및 눈 건강을 위한 제품으로 알려져 있다. 안구세안액 제조사의 사용지침에 따르면 콘택트렌즈 착용 중 사용을 금하고 있을 뿐만 아니라 사용 후 10~15분 후에 렌즈를 착용해야 한다고 명시하고 있어 콘택트렌즈 착용자의 경우 안구세안액 사용에 주의를 기울여야 함을 알 수 있다. 그러나 선행 연구결과 안구세안액 사용 경험자의 38%가 안구세안액 사용 후 콘택트렌즈를 착용한 경험이 있는 것으로 나타났으며, 그 중 39%가 사용 후 5~10분 이내에 렌즈를 착용한 경험이 있고, 안구세안액 사용 경험자의 5%는 렌즈 착용 중에도 안구세안액을 사용한 경험이 있다고 응답하여 사용지침을 제대로 따르고 있지 않는 것으로 밝혀졌다.^[6] 또한 사용지침을 따르지 않아 안구세안액에 투명콘택트렌즈가 노출될 경우 파라미터 변화에 유의한 영향을 끼칠 것으로도 제안된 바 있다.^[4] 이에 본 연구에서는 선행연구의 후속연구로 안구세안액의 올바르게 사용하지 못한 사용으로 인한 써클 소프트콘택트렌즈(써클렌즈)의 파라미터와 착색부위의 변화를 알아보고자 하였다. 국내 써클렌즈 처방률은 평균 29%에 이르며 이는 전 세계 처방률인 평균 7%보다 약 4배가량 높은 것으로 보고되었다.^[7] 고 등^[8]의 연구에 따르면 여고생의 약 52.4%가 써클렌즈 착용경험이 있고 이들 중 73%가 중학교 때 처음 착용을 시작하는 것으로 보고되었고, 여러 연구에서 써클렌즈 착용 및 관리에 대한 중요성에 대해 강조하였다.^[8-10] 김^[10]의 연구에서는 다목적용액의 종류에 따른 착색된 염료의 돌출정도의 차이를 관찰한 결과가 보고되었고 만약 염료가 용출된다면 이로 인해 순목횡수, 눈물막 파괴 시간과 같은 타각적증상과 자극감과 같은 자각적증상의 변화를 야기할 수 있다고 제안하였다.^[8] 따라서 본 연구에서는 안구세안액의 잘못된 사용으로 인한 써클렌즈의 파라미터의 변화뿐만 아니라 착색부위로부터의 염료용출에 미치

는 영향과 안구세안액에 의해 변화된 파라미터의 회복여부와 그 정도를 알아보하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 실험 대상

본 연구는 습윤인자가 다른 하이드로겔 써클렌즈 4종(etafilcon A, hilafilcon B, nelfilcon A 및 polymacon 재질)과 실리콘하이드로겔 써클렌즈 1종(lotrafilcon B 재질)을 대상으로 진행되었다(Table 1). 선행연구결과^[6]와의 비교 분석을 위하여 안구세안액은 아이봉 C 세안액(Dong-A Pharm-aceutical Co., Seoul, Korea) 사용하였다(Table 2). 다목적용액은 옵티프리 익스프레스(Alcon Laboratories Inc, Texas, USA)를 사용하였다.

2. 실험방법

다목적용액 5 ml에 담가놓은 써클렌즈를 대조군으로 하

Table 2. Components of the eyewash solution

Classification	Chemical name	Content (mg/ml)
Main component	Aminocaproic acid	2
	Chondroitin sulfate sodium	0.4
	Glycyrrhizic acid dipotassium	0.1
	Pyridoxine hydrochloride	0.1
	Tocopheryl acetate	0.05
	Chlorpheniramin maleate	0.03
Other components	*Additives - boric acid, sodium borate, polysorbate 80, disodium edetate hydrate, L-menthol, D-borneol, hydrochloric acid, sodium hydroxide, purified water	

Table 1. Specification of circle soft contact lenses used in the study

USAN	Etafilcon A	Hilafilcon B	Nelfilcon A	Polymacon	Lotrafilcon B
Manufacturer	Johnson & Johnson	Bausch+Lomb	Alcon	INTEROJO	Alcon
FDA group	Group IV	Group II	Group II	Group I	Group V-C _m
Principle monomer	HEMA ^a +MAA ^b	HEMA ^a +NVP ^c	HEMA ^a + PVA ^f	HEMA ^a +EGDMA ^g	Siloxane macromere, TRIS ^d , DMAA ^e
Total diameter (mm)	14.2	14.2	13.8	14.2	14.2
Base curve (mm)	8.5	8.6	8.6	8.6	8.6
Central thickness (mm)	0.084	0.090	0.100	-	0.080
Water content (%)	59	59	69	38	33
Replacement schedule	1 DAY	1 DAY	1 DAY	2 WEEKS	1 MONTH

a. HEMA: hydroxyethyl methacrylate, b. MAA: methacrylic acid, c. NVP: N-vinyl pyrrolidinone, d. TRIS: tris-[hydroxymethyl]-aminomethane, e. DMAA: N,N-Dimethylacetoacetamide, f. PVA: polyvinyl alcohol, g. EGDMA: ethylene glycol dimethacrylate

여 안구세안액 제조사의 권장사항인 30초를 1회 사용시간으로 하여 선행연구의 조건^[6]과 동일하게 1시간, 2시간, 4시간 및 8시간 동안 5 ml의 안구세안액에 노출시켰다. 안구세안액 노출 전과 후에 각 렌즈의 전체직경, 곡률반경, 중심두께, 굴절력, 함수율 및 가시광선 투과율을 측정하여 파라미터의 변화를 알아보았으며, 착색염료의 용출여부는 면봉테스트로 확인하였다. 안구세안액에 일정시간동안 노출시킨 렌즈를 다시 다목적용액에 담그고 1시간, 2시간, 4시간 및 8시간 후 전체직경, 곡률반경, 중심두께 및 굴절력을 측정하여 파라미터의 회복여부를 확인하였다. 모든 측정값은 3회 반복 측정 후 평균값으로 사용하였다.

1) 전체직경 및 곡률반경

세극등 현미경(SL-07, Topcon, Japan)의 턱 받침대에 눈금자를 올리고 렌즈를 후면이 위로가게 올려 디지털카메라를 통해 6배 비율로 촬영하였다. 촬영한 사진은 포토샵(Adobe photoshop CS6, Adobe, USA)을 이용하여 정렬 후 0.01 mm단위로 전체직경을 측정하였고, sagittal depth 측정 후 아래 수식에 대입하여 곡률반경을 구하였다.^[11]

$$r = \frac{h}{2} + \frac{w^2}{8h}$$

(r = 곡률반경, h = Sagittal depth, w = 전체직경)

2) 중심두께

렌즈의 후면이 위로가게 하여 전자 두께 측정 장치(Model ET-3, Createch, USA)의 중앙에 놓은 후 0.001 mm 단위로 중심두께를 측정하였다.^[11]

3) 상측정점굴절력

자동굴절력계(CL-200, Topcon, Japan)의 이용하여 렌즈 후면의 정점굴절력을 0.01 D단위로 측정하였다.^[12]

4) 함수율

전자저울(MW-120, CAS, Korea)을 이용하여 건조시키지 않은 렌즈의 무게를 0.0001 mg 단위로 측정한 후 건조기(WOF-105, Daihan, Korea)에서 65°C로 24시간 동안 완전 건조시킨 후 0.0001 mg 단위로 무게를 다시 측정하고 아래 수식을 이용하여 함수율을 구하였다.^[12]

$$W = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1}$$

(m₁=건조 전 렌즈무게, m₂=건조 후 렌즈무게)

5) 가시광선투과율

분광광도계(Mega-U600, Scinco, China)를 이용하여 가시광선 영역인 380 nm~780 nm 영역의 광투과율을 측정

하였다.^[11]

6) 염료 용출

면봉(Yongqing Aomeijie Cotton Buds Products Company, China)을 사용하여 렌즈의 전 후면을 각각 30회씩 3번 반복하여 문질러 염료용출을 확인하였으며, 염료용출이 확인된 렌즈는 주사전자현미경(VEGA3, TESCAN, CZ)을 이용하여 렌즈 전·후면을 50배, 200배 및 500배로 노출 전후의 차이를 비교하였다.^[13]

4. 통계분석

모든 측정결과는 평균±표준편차로 표시하였다. SPSS 23.0 프로그램을 사용하여 노출시간에 따른 파라미터의 차이는 비모수 검정을 실시하였고, Kruskal-Wallis와 Mann-Whitney 방법을 사용하여 검정하였다. 노출시간에 따른 파라미터의 변화는 선형회귀분석을 실시하였고 모든 검정결과는 유의확률이 0.05 미만인 경우 통계적인 유의성이 있다고 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 씨클렌즈의 상측정점굴절력 변화

안구세안액 노출시간에 따른 씨클렌즈의 굴절력 변화를 분석한 결과 모든 종류의 렌즈에서 굴절력이 증가하여 근시화되는 경향을 나타내었다(Fig. 1), (Tables 3 and 4). Etafilcon A 재질 씨클렌즈의 경우 안구세안액 노출 전 -3.02±0.02 D에서 안구세안액에 1시간 노출되었을 때 약 -0.22 D 굴절력이 증가하였고, 8시간 노출 되었을 때에는 약 -0.30 D 증가하여 약 -3.32±0.09 D로 나타나 식약처 허용오차기준(표기값±0.25 D)^[14]을 초과한 변화를 나타내었다. Etafilcon A 재질 렌즈의 굴절력 변화는 안구세안액 노출 전에 비해 모두 통계적으로 유의하게 증가한 것으로 나타났고, 선형회귀분석결과에서도 β = -0.0280, r = -0.5732,

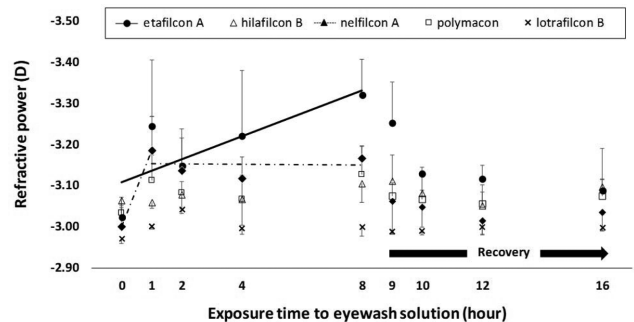


Fig. 1. Change in refractive power of circle soft contact lenses after exposure to eyewash solution and its subsequent recovery in multi-purpose solution.

Table 3. Linear regression analysis of lens parameter changes with respect to exposure time to eyewash solution

USAN	Linear regression	Refractive power (D)	Central thickness (mm)	Total diameter (mm)	Base curve (mm)	Water content (%)	Visible light transmission (%)
Etafilcon A	slope	-0.0280	-0.0007	-0.1071	-0.0042	-0.9976	-0.2033
	r	-0.5732	-0.3582	-0.6093	-0.5354	-0.7436	-0.9777
	p-value	0.0255*	0.1899	0.0159*	0.0397*	0.0015*	0.3290
Hilafilcon B	slope	-0.0050	0.0000	0.0202	-0.0034	-0.0881	0.0544
	r	-0.3771	0.0598	0.3356	-0.0893	-0.2042	-0.5223
	p-value	0.1659	0.8322	0.2214	0.7518	0.4655	0.6570
Nelfilcon A	slope	-0.0110	-0.0006	-0.0606	-0.0560	-0.7180	-0.0725
	r	-0.3888	-0.4254	-0.5084	-0.5239	-0.6627	-0.4329
	p-value	0.1520	0.1139	0.0529	0.0450*	0.0071*	0.1510
Polymacon	slope	-0.0074	-0.0001	-0.0140	-0.0124	0.0613	-0.0580
	r	-0.3346	-0.0446	-0.3631	-0.6050	0.2279	-0.8964
	p-value	0.2229	0.8745	0.1834	0.0169*	0.5266	0.9150
Lotrafalcon B	slope	-0.0009	-0.0002	-0.0385	0.0053	-0.1303	-0.1520
	r	-0.0989	-0.4671	-0.7026	0.1649	-0.4752	-0.7650
	p-value	0.7858	0.1735	0.0235*	0.6489	0.1651	0.1990

*, significantly different at the level of $p < 0.05$

Table 4. Statistical analysis of refractive power change with respect to exposure time to each solution

USAN	Exposure time to eyewash solution (hour)				Recovery time in multipurpose solution (hour)			
	1	2	4	8	1	2	4	8
Etafilcon A	0.0495*	0.0495*	0.0495*	0.0495*	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833
Hilafilcon B	0.4867	0.5066	0.8248	0.5066	0.2361	1.0000	1.0000	1.0000
Nelfilcon A	0.0495*	0.0495*	0.0463*	0.0495*	0.5637	0.5637	1.0000	0.5637
Polymacon	0.1266	0.1266	0.5127	0.1266	0.2752	0.2752	0.2752	0.2752
Lotrafalcon B	0.1213	0.1025	0.1213	0.1213	0.1213	0.1213	0.1213	0.1213

*, significantly different from the baseline value at the level of $p < 0.05$

$p=0.0255$ 로 안구세안액의 노출시간이 길어질수록 굴절력이 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 etafilcon A 재질 렌즈의 경우에는 노출시간에 따라 지속적으로 굴절력이 증가함을 확인할 수 있었다. Nelfilcon A 재질 렌즈는 안구세안액 노출 전 -3.00 ± 0.05 D에서 안구세안액에 1시간 노출되었을 때 약 -0.19 D 증가한 것으로 나타났고 모든 노출시간에서 실험 전 굴절력에 비해 통계적으로 유의하게 증가한 것으로 나타났다. 그러나 노출시간에 따른 굴절력 변화의 선형회귀분석결과 회귀성은 관찰되지 않았으므로 노출 1시간까지 급격하게 굴절력이 증가하고 이후에는 큰 변화가 없는 것으로 판단할 수 있었다(Fig. 1). 한편, hilafilcon B, polymacon 및 lotrafalcon B 재질 써클렌즈의 경우 안구세안액 노출 시간이 증가할수록 굴절력 증가의

경향을 나타내었으나 통계적으로 유의미한 변화는 아니었다(Table 4).

안구세안액에 8시간 동안 노출 후 다시 다목적용액에 담가 굴절력의 회복정도를 분석한 결과 etafilcon A 재질 써클렌즈의 경우 1시간 회복 후 약 23% 회복하였으며, 2시간 후에는 64%, 4시간 후 69%, 8시간 후에는 약 78% 회복되어 -3.09 ± 0.02 D로 나타났다. Nelfilcon A 재질 써클렌즈의 경우는 1시간 회복 후 약 63% 회복하였고 8시간 후에 약 80% 회복되어 -3.04 ± 0.03 D로 나타났다(Table 3). 두 렌즈 모두 1시간 회복 후부터 식약처 허용오차기준 이내로 실험 전과 통계적으로 유의한 차이가 없는 값을 나타내어 굴절력이 회복되었음을 알 수 있었으나 etafilcon A 재질 써클렌즈의 굴절력이 nelfilcon A 재질보다 더디게

회복되는 것으로 판단할 수 있었다(Table 4).

2. 씨클렌즈의 중심두께 변화

안구세안액 노출시간에 따른 씨클렌즈의 중심두께 변화를 분석한 결과 hilafilcon B, nelfilcon A 및 polyacon 재질의 렌즈에서 중심두께의 변화가 있었음을 알 수 있었다(Fig. 2), (Tables 3 and 5). 이들 3종류 렌즈의 중심두께 변화는 모두 식약처 허용오차기준 $\pm\{0.010+(\text{표기값}\times 0.1)\}$ mm¹⁴이 내로 나타났다. Hilafilcon B 씨클렌즈의 경우 안구세안액 노출 전 0.08±0.00 mm에서 안구세안액 노출 1시간 후부터 실험 전에 비해 중심두께가 약 0.01 mm 증가하였으며, 4시간, 8시간 노출 후에도 실험 전에 비해 통계적으로 유의하게 중심두께가 증가한 것으로 나타났다(Fig. 2). 그러나 노출시간에 따른 중심두께 변화의 선형회귀분석결과에서는 유의한 회귀성을 나타내지 않아 1시간까지 두께가 증가한 이후에는 큰 변화가 없는 것으로 판단할 수 있었다(Table 3). Nelfilcon A 씨클렌즈는 hilafilcon B와는 달리 안구세안액 노출 전 0.10±0.00 mm에서 안구세안액 노출 1시간 후 약 0.01 mm 중심두께가 감소한 것으로 나타났으며, 이후 8시간까지 감소된 중심두께는 노출 전 중심두께에 비해 모두 통계적으로 유의한 감소를 보였다(Fig. 2). 그러나 nelfilcon A 씨클렌즈 또한 선형회귀분석에서 회귀

성을 보이지 않았으므로 안구세안액 노출 1시간까지 급격한 중심두께의 변화가 일어난 후에는 더 이상의 큰 변화는 없는 것으로 판단되었다(Table 3). 한편, polyacon 씨클렌즈는 안구세안액 노출 전 0.07±0.01 mm에서 안구세안액 4시간 노출 후에 약 0.01 mm 통계적으로 유의한 중심두께의 변화를 나타내었으나 노출 8시간 후 다시 노출 전과 차이가 없는 중심두께를 나타내었다. 반면 etafilcon A 및 lotrafilcon B 씨클렌즈의 경우는 통계적으로 유의한 중심두께의 변화를 나타내지 않았다.

안구세안액 노출 8시간 후 다목적용액에서의 중심두께 회복을 살펴 본 결과 중심두께가 증가했던 hilafilcon B 렌즈의 경우 1시간 회복 후 변화량에 비해 약 117% 회복하여 안구세안액 노출 전 대비 감소한 두께를 보였다가, 2시간 후에는 약 67% 회복, 4시간과 8시간 회복 후에는 약 17%의 회복을 보여 일정한 회복양상을 관찰할 수 없었다. 반면, 중심두께가 감소했던 nelfilcon A 렌즈는 회복 1시간 후에 변화량이 약 113% 회복한 것으로 나타났고 8시간 후에도 약 113%의 회복정도를 보여 실험 전에 비해 중심두께가 오히려 약 13% 증가한 상태로 회복되었으나 통계적으로 유의한 중심두께는 아니었으므로 회복 1시간부터 노출 전과 통계적으로 유의한 차이가 없는 상태로 회복됨을 확인할 수 있었다(Fig. 2 and Table 5).

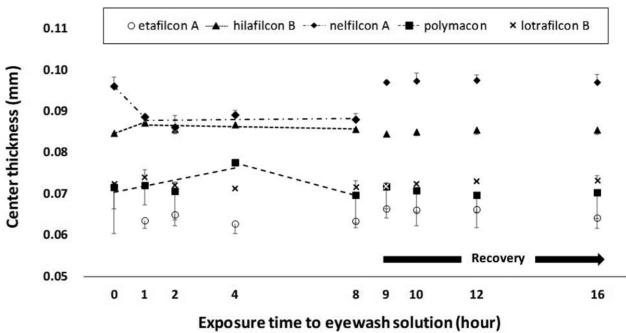


Fig. 2. Change in central thickness of circle soft contact lenses after exposure to eyewash solution and its subsequent recovery in multi-purpose solution.

3. 씨클렌즈의 전체직경 변화

안구세안액에 노출된 씨클렌즈의 전체직경은 polyacon 렌즈를 제외한 모든 렌즈에서 변화하였다(Fig. 3). 렌즈 재질 별로 살펴보면, etafilcon A 씨클렌즈는 안구세안액 노출 전 13.99±0.07 mm에서 노출 2시간부터 약 0.5 mm 감소하여 식약처 허용오차기준(표기값±0.2 mm)¹⁴을 벗어나 유의하게 감소하였으며(Fig. 3), 선형회귀분석 결과에서도 $\beta = -0.1071, r = -0.6093, p = 0.0159$ 로 나타나 노출 시간이 증가할수록 전체직경이 감소하는 것으로 나타났다(Table 3). Nelfilcon A 씨클렌즈는 안구세안액 노출 전 13.51±0.17 mm에서 안구세안액 노출 1시간부터 통계적으로 유의하게 식

Table 5. Statistical analysis of change in central thickness with respect to exposure time to each solution

USAN	Exposure time to eyewash solution (hour)				Recovery time in multipurpose solution (hour)			
	1	2	4	8	1	2	4	8
Etafilcon A	0.2752	0.5127	0.1266	0.2752	0.5536	0.5637	0.5637	0.5637
Hilafilcon B	0.0369*	0.1213	0.0369*	0.0339*	0.2207	1.0000	0.2207	0.2207
Nelfilcon A	0.0463*	0.0495*	0.0495*	0.0495*	0.5637	0.5637	0.2482	0.5637
Polyacon	0.8273	0.8273	0.0495*	0.5127	0.8273	0.8248	0.8273	0.8248
Lotrafilcon B	0.2207	0.6831	0.1025	0.6831	0.2207	1.0000	0.1025	0.6831

*, significantly different from the baseline value at the level of p<0.05

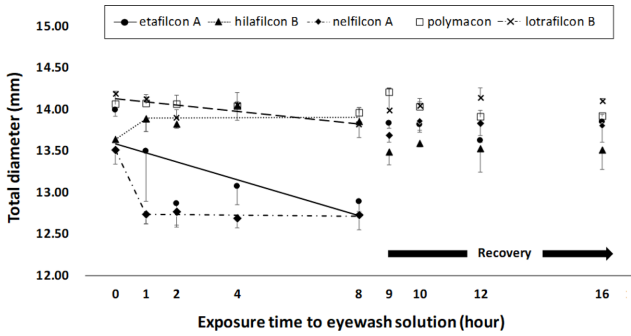


Fig. 3. Change in total diameter of circle soft contact lenses after exposure to eyewash solution and its subsequent recovery in multi-purpose solution.

약처 허용오차기준을 벗어나 약 0.78 mm 감소한 것으로 나타났고 노출 8시간 후에도 감소된 상태로 나타났(Fig. 3 and Table 6). 그러나 선형회귀분석 결과 유의한 회귀성을 보이지 않았으므로 노출 1시간까지 급격한 직경의 감소가 발생하고 이후에는 그 상태로 지속되는 것임을 알 수 있었다(Table 3). 반면 lotrafilcon B 써클렌즈는 안구세안액 노출 전 14.18±0.02 mm이었고, 노출 8시간까지의 전체직경 감소는 통계적으로 유의한 감소는 아니었으나(Table 6) 선형회귀분석 결과 $\beta = -0.0385$, $r = -0.7026$, $p = 0.0235$ 로 유의한 회귀성을 보였으므로 안구세안액 노출시간에 따라 전체직경이 지속적으로 감소함을 확인하였다(Table 3). 이러한 lotrafilcon B 써클렌즈의 전체직경 감소는 노출 2시간 및 8시간 후에는 식약처 허용오차기준을 벗어난 것으로 확인되었다. 렌즈 전체직경이 감소하였던 이상의 3종류 렌즈와 달리 hilafilcon B 써클렌즈의 전체직경은 안구세안액 노출 전 13.64±0.02 mm에 비하여 노출 1시간부터 약 0.24 mm 유의하게 증가하였고, 노출 8시간까지 유의하게 증가하는 것으로 나타났으나(Fig. 3) 선형회귀분석에서는 유의한 회귀성을 보이지 않았으므로 hilafilcon B 렌즈의 경우는 지속적인 변화가 아닌 노출 1시간까지의 전체직경의 급격한 감소가 발생하고 이후 그 감소가 지속된 것임을 알 수 있었다(Table 3).

안구세안액 노출 후 변화된 전체직경의 다목적용액 처리 시 회복정도는 모든 렌즈에서 1시간 이내에 노출 전 대비 통계적으로 유의한 차이가 나지 않는 정도로 회복되었다(Fig. 3 and Table 6). Etafilcon A 써클렌즈의 전체직경은 회복 1시간 후에는 약 86%, 8시간 회복 후에도 약 87% 회복하였다. Hilafilcon B와 nelfilcon A 써클렌즈는 다목적용액에 1시간 처리 후 각각 약 173% 및 123% 가량 회복하였고 8시간 후에도 약 162%, 약 138% 회복한 것으로 나타나 hilafilcon B 렌즈의 경우 노출 전에 비해 오히려 직경이 감소되는 양상을 나타내었고, nelfilcon A 렌즈는 오히려 직경이 증가한 상태로 회복됨을 알 수 있었다. Lotrafilcon B 써클렌즈의 경우도 다목적용액에서 1시간 후 약 47% 회복하였고 8시간 회복 후 약 76% 회복됨을 확인할 수 있었다. 안구세안액 노출 전 대비 써클렌즈 전체직경의 회복률은 렌즈재질에 따라 다소 차이가 있게 나타났으나 다목적용액에서의 8시간 처리 후 식약처 허용오차기준을 벗어난 전체직경의 변화를 보인 nelfilcon A 렌즈를 제외한 모든 써클렌즈는 식약처 허용오차기준인 오차 0.2 mm 이내로 회복됨을 알 수 있었다.

4. 써클렌즈의 곡률반경 변화

안구세안액에 노출된 써클렌즈의 곡률반경 변화를 분석한 결과 etafilcon A 렌즈의 경우 안구세안액 노출 전 8.46±0.10 mm에서 노출 1시간 후 약 0.73 mm 곡률반경의 감소를 보여 식약처 허용오차기준(표기값±0.2 mm)^[4]을 벗어나게 렌즈가 스틱해짐을 알 수 있었고, 노출 2시간 후에는 약 0.99 mm의 곡률반경 감소를 보여 노출 전 대비 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다(Fig. 4 and Table 7). 선형회귀분석 결과, $\beta = -0.0042$, $r = -0.5354$, $p = 0.0397$ 로 노출시간의 증가에 따라 etafilcon A 써클렌즈의 곡률반경 감소는 지속적으로 나타나는 것임을 알 수 있었다(Table 3). Nelfilcon A 써클렌즈는 통계적 유의성은 없었으나(Table 7) 안구세안액 노출 전 8.32±0.45 mm에서 노출 1시간 후에 약 0.36 mm 감소하여 식약처 허용오차기준을 벗어났고,

Table 6. Statistical analysis of total change in diameter with respect to exposure time to each solution

USAN	Exposure time to eyewash solution (hour)				Recovery time in multipurpose solution (hour)			
	1	2	4	8	1	2	4	8
Etafilcon A	0.5127	0.0495*	0.0495*	0.0495*	0.0833	0.0833	0.0833	0.5637
Hilafilcon B	0.0495*	0.0495*	0.0495*	0.0495*	0.0833	0.0833	1.0000	1.0000
Nelfilcon A	0.0495*	0.0495*	0.0495*	0.0495*	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833
Polyacon	0.8273	0.8273	0.5127	0.2752	0.2752	0.8273	0.2752	0.2752
Lotrafilcon B	0.1213	0.1213	0.1213	0.1213	0.4386	0.1213	1.0000	0.1213

*, significantly different from the baseline value at the level of p<0.05

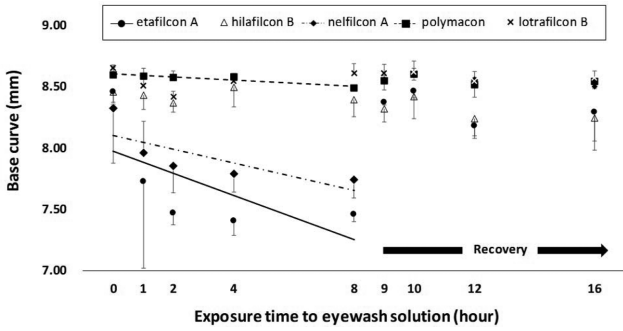


Fig. 4. Change in the base curvature of circle soft contact lenses after exposure to eyewash solution and subsequent recovery in multi-purpose solution.

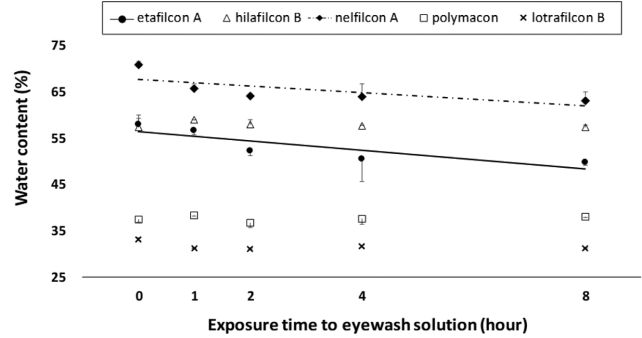


Fig. 5. Change in water content of circle soft contact lenses with respect to the exposure time to eyewash solution.

노출 8시간 후에도 약 0.58 mm의 곡률반경 감소를 나타내었다(Fig. 3). 선형회귀분석 결과 $\beta = -0.0560$, $r = -0.5239$, $p = 0.0450$ 로 나타났으므로 노출시간 증가에 따라 nelfilcon A 렌즈의 곡률반경은 지속적으로 감소함을 알 수 있었다(Table 3). 한편, polymacon 써클렌즈의 경우는 안구세안액 노출 전 8.60 ± 0.08 mm에서 노출 8시간 후 약 0.11 mm 가량 통계적으로 유의한 곡률반경의 감소를 나타내었으나 이는 식약처 허용오차기준 이내의 변화이었다. 선형회귀분석 결과 $\beta = -0.0124$, $r = -0.6050$, $p = 0.0169$ 로 나타나 노출시작 길어질수록 곡률반경이 지속적으로 감소함을 확인하였다. Hilafilcon B와 lotrafilcon B 써클렌즈의 곡률반경은 안구세안액 노출시간의 증가에 따라 변화를 보이지 않았다(Fig. 4).

식약처 허용오차기준을 벗어나게 곡률반경이 감소했던 etafilcon A 및 nelfilcon A 써클렌즈는 회복 1시간 후 허용오차기준 이내로 회복되었고, 8시간 후에는 각각 약 84% 및 130%로 서로 상반된 회복률을 보였으나 두 렌즈 모두 식약처 허용오차기준 이내의 회복이었다.

5. 써클렌즈의 함수율 변화

안구세안액 노출에 따른 써클렌즈의 함수율 변화를 분석한 결과 고탍수 렌즈인 etafilcon A 및 nelfilcon A 써클렌즈의 함수율 이 노출 전에 비해 식약처 허용오차기준(표기 값 $\pm 2\%$)^[4]을 벗어나게 감소하는 것으로 나타났다(Fig. 5).

Table 8. Statistical analysis of change in water content with respect to exposure time to eyewash solution

USAN	Exposure time to eyewash solution (hour)			
	1	2	4	8
Etafilcon A	0.2752	0.0495*	0.0495*	0.0495*
Hilafilcon B	0.5127	0.8273	0.5127	0.5127
Nelfilcon A	0.0495*	0.0495*	0.0495*	0.0495*
Polymacon	0.1213	0.4386	1.0000	0.1213
Lotrafilcon B	0.1213	0.1213	0.1213	0.1213

* , significantly different from the baseline value at the level of $p < 0.05$

Etafilcon A 써클렌즈는 안구세안액 노출 전 $57.9 \pm 1.4\%$ 에서 노출 2시간 후 노출 전 대비 약 5.67%의 함수율 감소를 나타내어 식약처 허용오차기준을 벗어났음을 알 수 있었으며 이는 통계적으로도 유의한 감소이었다(Table 8). 또한, 선형회귀분석결과 $\beta = -0.9976$, $r = -0.7436$, $p = 0.0015$ 로 나타났으므로 etafilcon A 렌즈의 함수율은 노출시간에 따라 지속적으로 감소함을 알 수 있었다(Table 3). 한편, nelfilcon A 렌즈는 안구세안액 노출 전 $70.9 \pm 0.8\%$ 에서 1시간 후부터 노출 전에 비해 약 5.07% 감소하여 식약처 허용오차기준을 벗어남을 보였으며 8시간 노출 후까지 노출 전 대비 통계적으로 유의한 감소를 나타내었다(Table 8).

Table 7. Statistical analysis of change in base curvature with respect to exposure time to each solution

USAN	Exposure time to eyewash solution (hour)				Recovery time in multipurpose solution (hour)			
	1	2	4	8	1	2	4	8
Etafilcon A	0.5127	0.0495*	0.0495*	0.0495*	0.5637	1.0000	0.0833	0.2482
Hilafilcon B	0.5127	0.1266	0.8273	0.5127	0.2482	0.5637	0.0833	0.2482
Nelfilcon A	0.2752	0.2752	0.1266	0.1266	0.5637	0.2482	1.0000	0.5637
Polymacon	0.8273	0.8273	0.8273	0.0495*	0.5127	0.8273	0.2752	0.5127
Lotrafilcon B	0.1213	0.1213	0.1213	1.0000	1.0000	1.0000	0.1213	0.1213

* , significantly different from the baseline value at the level of $p < 0.05$

Nelfilcon A 렌즈는 선형회귀분석 결과 $\beta = -0.7180$, $r = -0.6627$, $p = 0.0071$ 로 나타났으므로 etafilcon A 씨클렌즈와 마찬가지로 안구세안액 노출 시간의 경과에 따라 지속적인 흡수율의 감소를 보이는 것으로 알 수 있었다(Table 3). 이의 3종류의 씨클렌즈의 흡수율은 안구세안액에 노출되어도 변화가 없는 것으로 나타났다.

6. 씨클렌즈의 가시광선 투과율 변화

씨클렌즈의 안구세안액 노출시간별 가시광선 투과율 분석결과 nelfilcon A 재질의 씨클렌즈만 노출 전 가시광선 투과율인 약 98.8%과 비교하여 4시간 노출에서 통계적으

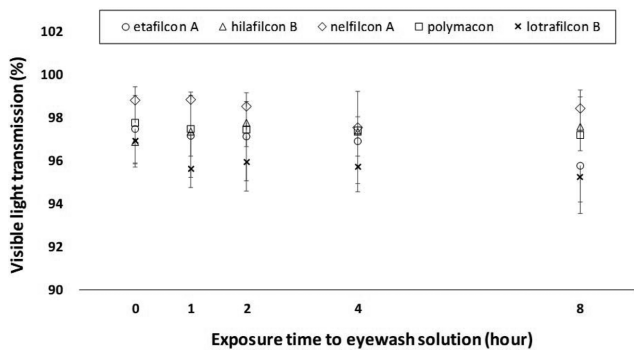


Fig. 6. Change in visible light transmission of circle soft contact lenses after exposure to eyewash solution.

로 유의한 차이가 나타내었으나 이는 식약처 허용오차기준(표기값±5%)¹⁴⁾ 이내의 감소이었다(Fig. 6), (Tables 3 and 9). 그 외 나머지 재질의 렌즈에서는 안구세안액 노출에 의한 가시광선 투과율의 변화는 없었고 노출시간에 따른 변화도 관찰되지 않았다.

7. 씨클렌즈의 착색염료 용출 여부

안구세안액에 노출된 씨클렌즈의 착색염료용출을 렌즈 전·후 표면의 면봉테스트로 확인한 결과(Fig. 7), etafilcon A 및 nelfilcon A 씨클렌즈는 안구세안액 노출 전후 모두 렌즈의 전·후면에서 염료가 용출되지 않았던 반면, hilafilcon B, polymacon 및 lotrafilcon B 씨클렌즈는 안구세안액의

Table 9. Statistical analysis of change in visible light transmission with respect to exposure time to eyewash solution

USAN	Exposure time to eyewash solution (hour)			
	1	2	4	8
Etafilcon A	0.5127	0.5127	0.5127	0.1266
Hilafilcon B	0.2752	0.2752	0.2752	0.2752
Nelfilcon A	0.8273	0.8273	0.0495*	0.2752
Polymacon	0.8273	0.8273	0.5127	0.5127
Lotrafilcon B	0.1213	0.1213	0.1213	0.1213

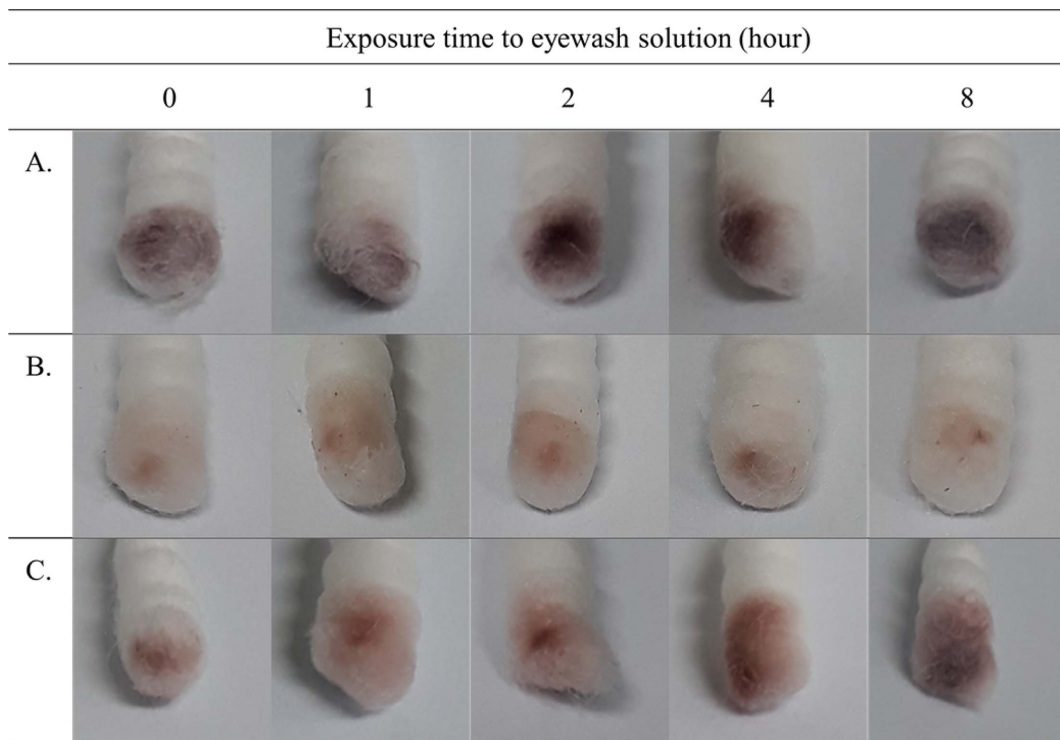


Fig. 7. Representative photographs of cotton swabs rubbing against pigmentation area of circle soft contact lenses.

- A. Front surface of hilafilcon B lens
- B. Back surface of lotrafilcon B lens
- C. Front surface of polymacon lens

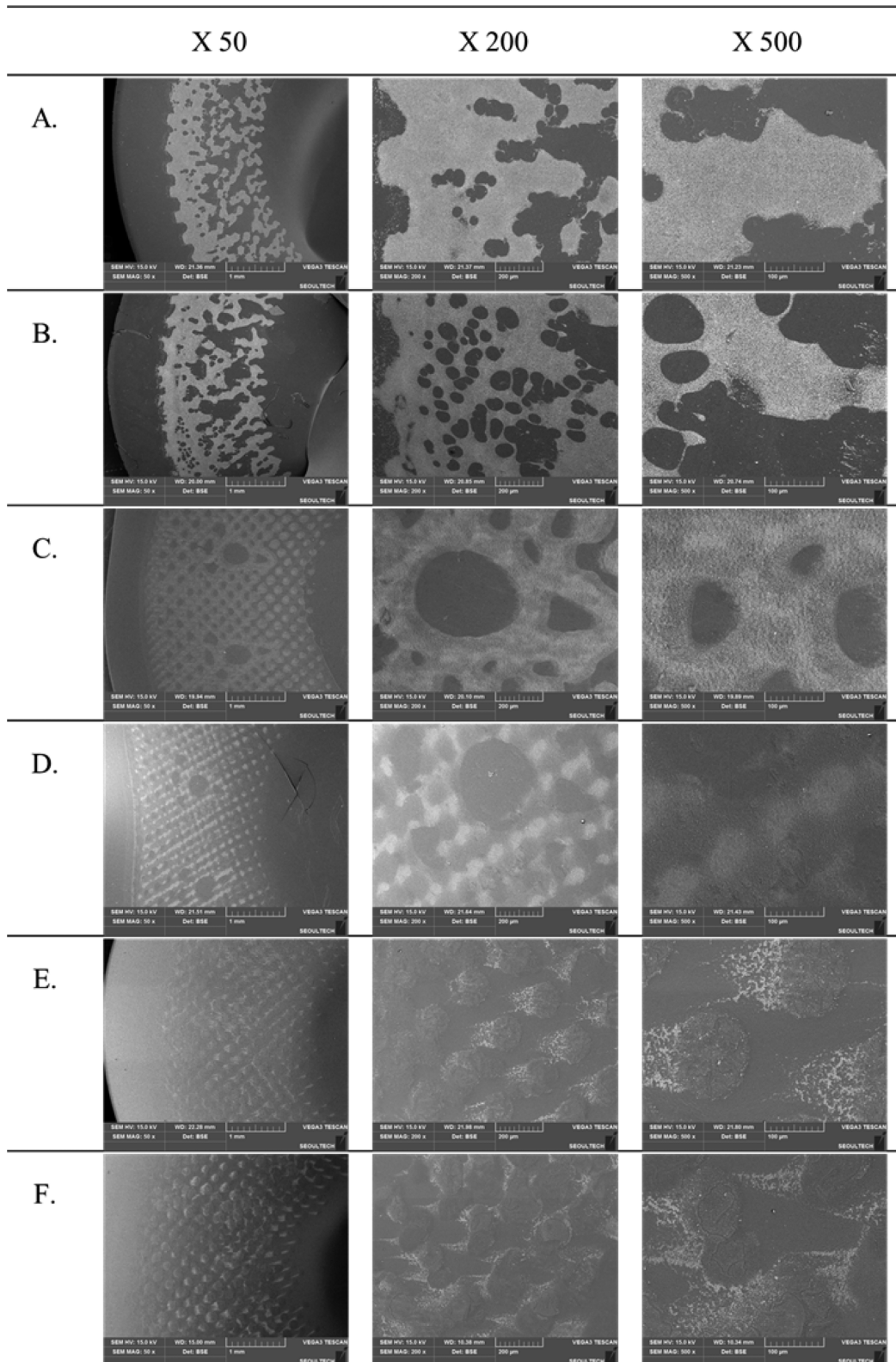


Fig. 8. Photographs of surface of circle soft contact lenses obtained using scanning electron microscopy.

- A. Front surface of the hilafilcon B lens before exposure to eyewash solution
- B. Front surface of the hilafilcon B lens after exposure to eyewash solution for 8 hours
- C. Front surface of the polymacon lens before exposure to eyewash solution
- D. Front surface of the polymacon lens after exposure to eyewash solution for 8 hours
- E. Back surface of the lotrafilcon B lens before exposure to eyewash solution
- F. Back surface of the lotrafilcon B lens after exposure to eyewash solution for 8 hours

노출 전후 모두 염료용출이 관찰되었다. 안구세안액 노출에 따른 씨클렌즈의 착색염료용출 변화를 분석하여 보면, hilafilcon B 및 lotrafilcon B 씨클렌즈의 경우는 각각 렌즈 전면과 후면에서 염료용출이 확인되었으나 안구세안액 노출 전 염료용출된 정도와 사진촬영으로 비교하여 보면 안구세안액 노출시간 경과에 따른 염료용출의 차이를 확인할 수는 없었던 반면 polymacon 씨클렌즈는 노출시간의 경과에 따라 렌즈전면에서의 염료용출이 증가하는 양상을 육안으로 확인할 수 있었다.

8. 씨클렌즈의 착색부위 변화

면봉테스트에서 염료용출이 확인되었던 hilafilcon B 및 polymacon 씨클렌즈의 전면 및 lotrafilcon B 씨클렌즈의 후면을 주사전자현미경으로 각각 50배, 200배 및 500배의 배율로 관찰하였다. 50배로 관찰한 결과 3가지 재질의 씨클렌즈는 모두 씨클렌즈의 전면과 후면 사이에 염료를 착색시키는 샌드위치 착색공법이 아님을 확인할 수 있었다 (Fig. 8).

Hilafilcon B 씨클렌즈의 경우 50배율 관찰 시에는 안구세안액 노출에 따른 뚜렷한 착색패턴의 변화를 관찰할 수 없었으나, 200배 및 500배율로 관찰 시에는 안구세안액에 8시간 노출 후 착색부위에서 작은 구멍들이 생겼음을 확인할 수 있었으며 그 크기 또한 뚜렷하게 커졌음을 관찰할 수 있었다(Fig. 8B). Polymacon 씨클렌즈는 200배율로 관찰 시 안구세안액에 8시간 노출 후 착색패턴이 흐려졌을 뿐만 아니라 착색경계 또한 희미해졌음을 알 수 있었으며, 이러한 현상은 500배율로 관찰 시 더욱 뚜렷하게 나타났다(Fig. 8D). Lotrafilcon B 씨클렌즈는 안구세안액 노출 전 규칙적이었던 렌즈 후면의 착색염료배열이 8시간 노출 후 부분적으로 흐트러졌음을 확인할 수 있었으며, 200배율 관찰 시 이러한 변화는 불규칙적으로 나타남을 알 수 있었고, 500배율 관찰 시에는 염료용출 흔적을 확인할 수 있었다(Fig. 8F).

본 연구는 안구세안액 노출로 인한 씨클렌즈의 파라미터, 염료용출 및 표면변화를 관찰하고 이의 변화를 투명소프트렌즈 대상의 선행연구결과^[6]와 비교분석하고자 하였으며, 다시 다목적용액에 담가 회복시켰을 때의 파라미터의 회복경향과 정도를 알아보고자 하였다. 선행 연구결과 콘택트렌즈 착용자 중 안구세안액 사용법을 준수하지 않는 응답자들이 있는 것으로 나타났고,^[6] 이는 하이드로겔 렌즈의 pore에 안구세안액이 잔존하여 이에 장시간 노출되는 것과 유사한 효과를 초래할 가능성이 있다고 판단하였다. 따라서 선행연구결과와 조건과 마찬가지로 본 연구에서도 안구세안액 노출시간을 1시간, 2시간, 4시간 및 8시간으로 설정하여 씨클렌즈의 변화를 알아본 결과, FDA

분류기준에 따라 고함수율 렌즈로 분류되는 group II와 IV에 해당하는 렌즈인 nelfilcon A 및 etafilcon A 씨클렌즈의 경우 대부분 파라미터가 안구세안액 노출 후 변화 정도가 큰 것으로 나타났다. 반면, 저함수율 렌즈로 분류되는 group I과 V에 해당하는 렌즈인 polymacon 및 lotrafilcon B 씨클렌즈의 파라미터 변화 정도는 상대적으로 적은 것으로 나타났다. 본 연구에서의 이러한 결과는 하이드로겔 렌즈가 실리콘하이드로겔 렌즈보다 안구세안액 노출에 따른 변화가 크며, 고함수 이온성 렌즈에서 파라미터의 변화가 크게 나타났다고 보고한 선행연구결과^[6]와 같은 양상을 나타내었다. 따라서 안구세안액 노출에 따른 소프트렌즈 파라미터의 변화양상은 착색여부에 관계없이 렌즈재질의 함수율에 따라 우선적으로 영향을 받는 것으로 생각할 수 있겠다. 즉, 안구세안액 노출은 고함수 씨클렌즈에서의 함수율 감소를 초래하였는데(Fig. 5 and Table 8) 이는 인공누액의 습윤성분이 콘택트렌즈의 친수성기와 반응해 렌즈의 함수율을 감소시켰다는 조 등^[15]의 연구결과와 마찬가지로 안구세안액의 습윤성분인 콘드로이틴설페이트나트륨이 씨클렌즈의 친수성기와 반응해 고함수율 씨클렌즈의 함수율을 감소시킨 것으로 생각된다.

안구세안액 노출에 따른 씨클렌즈 파라미터의 또 다른 원인으로는 안구세안액의 pH와 삼투압을 생각해 볼 수 있다. 선행연구결과에 따르면 콘택트렌즈 관리용액의 산성화는 콘택트렌즈의 산성화를 유발하고 이는 렌즈 탈수, 삼투압 및 sagittal depth 같은 일부 파라미터의 변화를 초래한다고 보고된 바 있다.^[16] 본 연구에서 사용된 안구세안액의 pH 측정 시 약 6.0으로 나타나 렌즈보관액이나 관리용액의 pH와는 다를 수 있음을 시사하며 이는 파라미터 변화의 원인으로 작용할 수 있다. Lum 등^[17]은 콘택트렌즈 보관용액의 삼투질 농도가 높아 삼투압 차이가 커질 경우 렌즈직경 및 곡률반경의 감소와 상측정점굴절력의 증가가 발생하였는데 이는 삼투압 차이로 인한 콘택트렌즈의 탈수현상으로 나타난 결과라고 보고한 바 있다. 본 연구결과 뿐만 아니라 선행연구^[6]에서도 안구세안액의 노출로 하이드로겔렌즈의 함수율, 곡률반경, 전체직경의 감소 및 굴절력의 증가가 나타났는데 이는 안구세안액의 삼투질 농도가 높아 렌즈의 삼투압 변화가 유발된 결과로 추정할 수 있으나 이를 뒷받침할 후속연구가 필요하다. 하이드로겔 렌즈의 경우, 함수율 감소는 산소투과도의 저하를 야기하고 이는 각막에서의 혐기성 대사 증가로 인한 젖산 축적과 각막 내 이산화탄소의 증가로 각막의 산성화를 유발하게 된다. 뿐만 아니라 지속적인 산소투과도의 저하는 각막상피의 대사속도 저하를 일으켜 각막상피 미세낭종, 각막 내피의 다면성, 각막부종 및 미생물에 의한 각막염을 촉진시키는 것으로 알려져 있다.^[18] 따라서 저함수

을 재질 씨클렌즈보다 고함수율 재질 씨클렌즈의 산소투과도가 안구세안액 노출에 따른 함수율 저하로 인하여 더 큰 영향을 받을 수 있으므로 고함수율 재질의 투명씨클렌즈 착용 시에는 안구세안액 사용법 준수에 대한 각별한 주의가 필요하다고 판단된다.

고함수율 렌즈 중에서도 이온성 재질인 etafilcon A 씨클렌즈는 안구세안액 노출 시간 8시간까지 파라미터의 지속적으로 변화하는 결과를 보였는데 이러한 결과는 Lum 등^[17]의 연구결과와도 일치하였다. Simon 등^[19]은 이온교환기를 가지고 있는 이온성 재질 렌즈는 비이온성 재질 렌즈에 비해 친수성 물질에 대한 반응성이 높다고 설명한 바 있으며, etafilcon A 렌즈는 고함수 이온성 재질로 pH에 가장 민감하게 반응한다는 선행연구결과^[20]에 미루어 볼 때 본 연구에서도 etafilcon A 씨클렌즈는 안구세안액의 노출시간에 따라 지속적으로 반응했던 것으로 생각된다. 한편, 고함수 재질임에도 안구세안액 노출 시 etafilcon A 렌즈와는 상이한 파라미터 변화 양상을 보였던 nelfilcon A 씨클렌즈는 비이온성 재질로 상대적으로 낮은 친수성 물질과의 반응성으로 인하여 노출 1시간까지의 변화만 나타났던 것으로 판단할 수 있다.

반면, 동일 FDA group II에 해당하는 고함수 비이온성 재질인 hilafilcon B와 nelfilcon A 씨클렌즈의 경우는 nelfilcon A 렌즈는 안구세안액 노출 시 파라미터의 감소를 보였던 반면, hilafilcon B 렌즈는 변화가 없거나 두께가 증가하는 경향을 보여 같은 FDA그룹 내에서도 변화양상이 다르게 나타났다. Costa 등^[21]은 hilafilcon B 및 nelfilcon A 재질 렌즈에 약물을 스며들게 하였을 때 hilafilcon B 재질 렌즈는 높은 흡수율을 나타냈지만 nelfilcon A 재질 렌즈는 낮은 흡수율을 보였고 이는 콘택트렌즈 모노머의 조성 과 망상 구조에 따라 렌즈의 팽윤정도에 차이가 있다고 보고하였다. 따라서 이러한 동일 그룹의 렌즈재질이라 하더라도 안구세안액에 노출되었을 때 상이한 렌즈의 팽윤정도로 인하여 파라미터의 변화양상이 다르게 나타난 것으로 추측할 수 있다.

본 연구에서는 선행연구^[6]에 대한 후속연구의 일환으로 렌즈의 파라미터 회복정도와 씨클렌즈의 염료용출 및 표면변화를 관찰하여 분석하였다. 안구세안액 처리 전 염료용출 여부를 면봉테스트로 확인한 결과 샌드위치 공법으로 제조된 etafilcon A 및 nelfilcon A 씨클렌즈는 염료용출이 관찰되지 않았던 반면, hilafilcon B, polycarbonate 및 lotrafilcon B 씨클렌즈는 면봉테스트 결과 염료가 용출(Fig. 7)되었고, 주사전자현미경으로 관찰 시 렌즈표면의 염료착색패턴을 확인(Fig. 8)되었으므로 pigment application method 공법이 사용되었을 것으로 추정할 수 있었다. 안구세안액 노출 후 주사전자현미경 관찰 결과 hilafilcon B,

polycarbonate 및 lotrafilcon B 재질 씨클렌즈의 착색 패턴의 흐트러짐(Fig. 8)과 polycarbonate 재질 씨클렌즈 염료용출의 가속화(Fig. 7)를 확인할 수 있었다. 이는 씨클렌즈의 착색 부위가 실내수영장 물의 소독성분에 영향을 받아 렌즈표면 거칠기와 착색패턴의 변화가 나타났다는 선행연구결과와 유사한 것으로 나타났다. 즉, 안구세안액의 세척성분이 씨클렌즈 표면과 염료에 영향을 주었을 뿐만 아니라 렌즈표면의 손상까지도 유발한 것으로 생각되었다. 이러한 씨클렌즈에서의 염료용출은 착색제로 인한 안전환적인 부작용을 일으킬 수 있다. 이 외에도 각막상피의 손상을 유발하는 성분이 포함된 안구세안액의 경우 콘택트렌즈 착용 여부와 관계 없이 안구에 부작용을 유발할 수 있으므로 성분확인에 대한 주의 또한 요구된다.^[22]

안구세안액의 노출로 인하여 변화된 렌즈를 다목적용액에 담근 후 렌즈 파라미터의 회복정도는 nelfilcon A 재질 렌즈의 직경을 제외하고는 모든 렌즈에서 식약처 허용오차기준 이내로 회복되는 것을 확인하였다. 그러나 이러한 파라미터의 수치적 기준이 관찰되었다 하더라도 안구세안액 노출시간이 길어질 경우 렌즈표면의 손상이 발생하였고 이러한 표면의 물리적인 손상은 파라미터의 회복과는 달리 회복이 되지 않으므로 안구세안액 노출 전 새 렌즈와 같은 상태로의 회복이라고 할 수는 없다. 따라서 콘택트렌즈가 변형된 후 완전하게 회복되지 못한 렌즈를 다시 착용할 경우 렌즈피팅상태의 변화 및 자극감 등이 유발될 수 있을 것이다.^[6,16]

결론

본 연구 결과 안구세안액 노출로 고함수 씨클렌즈는 함수율이 감소되어 렌즈가 변형되고 전체직경과 곡률반경이 감소하여 굴절력이 근시화됨을 알 수 있었다. 고함수 이온성 재질의 씨클렌즈에서는 안구세안액 노출시간에 따른 지속적인 변화를 나타내었고, 동일한 FDA 그룹 내에서도 모노머의 차이에 따라 상이한 파라미터의 변화 양상을 보임을 알 수 있었다. 다목적용액에 담가 변화된 렌즈 파라미터의 회복정도를 평가한 결과 모든 렌즈의 파라미터는 식약처 허용오차기준 이내로 회복되었으나 착색공법에 따라 렌즈표면손상과 염료용출이 확인되었다. 이는 표면이 손상된 씨클렌즈를 반복적으로 세척하고 보관할 경우 표면의 손상과 염료용출의 커질 가능성이 있으며 안건강에도 영향을 미칠 수 있음을 의미한다. 따라서 씨클렌즈가 안구세안액에 노출될 경우 발생한 표면에 후속적인 물리 자극이 가해졌을 때 표면 손상정도와 염료용출의 가속화에 대한 후속연구가 뒤따라야 할 것이다. 따라서 씨클렌즈 착용자가 안구세안액을 사용하고자 할 때에는 안구세안액

사용지침을 철저히 준수하여야 하며 부주의한 사용으로 인한 렌즈손상 및 부작용을 최소화하기 위하여서는 착색 공법에 대한 숙지 또한 필요하다고 판단된다.

REFERENCES

- [1] Lee BR. Increase in conjunctivitis, hordeolum and dry eye syndrome because of fine dust, 2018. http://health.chosun.com/site/data/html_dir/2018/02/28/2018022801057.html (30 September 2018).
- [2] Eom Y, Song JS, Lee DY, Kim MK, Kang BR, Heo JH et al. Effect of titanium dioxide nanoparticle exposure on the ocular surface: an animal study. *Ocul Surf.* 2016;14(2):224-232.
- [3] Eom Y, Song JS, Lee HK, Kang B, Kim HC, Lee HK et al. The effect of ambient titanium dioxide microparticle exposure to the ocular surface on the expression of inflammatory cytokines in the eye and cervical lymph nodes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2016;57(15):6580-6590.
- [4] Kim JS. From mask to eyewash ... the pharmaceutical industry having a booming stage with 'fine-dust special', 2018. http://www.dt.co.kr/contents.html?article_no=2018032802109976029008 (28 September 2018).
- [5] Yan S, Zhang Q, Wang J, Liu Y, Lu S, Li M, Kaplan DL. Silk fibroin/chondroitin sulfate/hyaluronic acid ternary scaffolds for dermal tissue reconstruction. *Acta Biomater.* 2013;9(6):6771-6782.
- [6] Choi HD, Kim YJ, Choi S, Shin JC, Park M, Kim SR. 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.
- [7] 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.
- [8] Ko M, Kim SR, Park M. The actual state of wearing and caring for cosmetic colored soft contact lens in female high school students. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2017;22(1):11-21.
- [9] Jung MA, Lee HJ. Survey on cosmetic color contact lens wear status of middle school, high school and college students. *Korean J Vis Sci.* 2013;15(4):439-446.
- [10] Kim H. Bleaching observation of cosmetic color lenses according to multipurpose contact lens solutions. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2014;19(3):295-303.
- [11] Kim SR, Kim DJ, Hwang HW, Park M. The stability and safety evaluations of soft contact lenses past their expiry date. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2017;22(1):33-40.
- [12] Kim SR, Lee KE, Lee SJ, Kwon JY, Park SH, Park M. The change of circle contact lenses exposed to indoor swimming pool water. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2016;21(4):341-350.
- [13] 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.
- [14] Ministry of Food and Drug Safety. Notice of revision of medical device standard, 2007. http://www.mfds.go.kr/brd/m_207/view.do?seq=2364 (1 October 2018).
- [15] Cho SA, Sung AY. Influence of artificial tear containing carboxymethyl cellulose component on physical properties of hydrogel contact lens. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2013;18(4):457-463.
- [16] Park M, Ha JR, Lee YM, Han HW, Kim ST. 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.
- [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] Woo CM, Lee HM. Change of corneal shape with soft contact lens type. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2014;19(1):111-120.
- [19] Simons R, Thomas ARS, Holden BA. A preliminary study of ion exchange capacity of some soft lens materials. *Aust J Optom.* 1977;60(8):263-266.
- [20] Park KH. The relation between the protein amount deposited circle contact lens and its oxygen transmissibility. Master Thesis. Seoul National University of Science and Technology, Seoul. 2013;36-37.
- [21] Costa VP, Braga ME, Guerra JP, Duarte AR, Duarte CM, Leite EO et al. Development of therapeutic contact lenses using a supercritical solvent impregnation method. *J Supercrit Fluids.* 2010;52(3):306-316.
- [22] Iwashita M, Murato D, Yano H, Santo Y, Nozaki M, Fujishima H. Effect of eyewash solution (commercial washing solution) on the corneal epithelium: adverse effects of benzalkonium chloride on the eye surface. *J Clin Exp Ophthalmol.* 2016;7(3):1000571.

안구세안액 사용법 미준수가 써클 소프트콘택트렌즈의 파라미터 및 착색에 미치는 영향

김지혜¹, 박민혜¹, 유도연¹, 신장철², 박미정¹, 김소라^{1,*}

¹서울과학기술대학교 안경광학과, 서울 01811

²부산과학기술대학교 안경광학과, 부산 46639

투고일(2018년 11월 1일), 수정일(2018년 11월 15일), 게재확정일(2018년 11월 29일)

목적: 본 연구에서는 안구세안액의 노출이 써클 소프트콘택트렌즈(이하 써클렌즈)의 파라미터와 염료용출에 미치는 영향을 알아보고자 하였으며, 또한 안구세안액 노출로 인해 변화된 써클렌즈 파라미터의 회복여부를 확인하고자 하였다. **방법:** 하이드로겔 써클렌즈 4종(etafilcon A, hilafilcon B, nelfilcon A 및 polyacon 재질)과 실리콘 하이드로겔 써클렌즈 1종(lotrafilcon B 재질)을 선택하여 안구세안액에 각각 1시간, 2시간, 4시간 및 8시간 동안 노출시켰다. 안구세안액 노출 전후에 각 렌즈의 굴절력, 중심두께, 전체직경, 곡률반경, 함수율 및 가시광선 투과율을 측정하여 렌즈 파라미터의 변화를 확인하였고, 염료용출 여부는 면봉테스트 및 주사전자현미경 촬영을 통하여 확인하였다. **결과:** 안구세안액 노출 후 고함수 하이드로겔 렌즈인 etafilcon A 및 nelfilcon A 써클렌즈의 굴절력은 통계적으로 유의한 증가를 나타내었으며, 이들의 전체직경, 곡률반경 및 함수율은 통계적으로 유의한 감소를 나타내었으나 재질의 이온성 여부에 따라 노출시간에 따른 변화양상은 상이한 것으로 분석되었다. 반면, 고함수 비이온성 재질인 hilafilcon B 써클렌즈는 중심두께 및 직경이 노출 1시간까지 증가하는 것으로 나타났다. Polyacon 및 lotrafilcon B 써클렌즈의 파라미터는 안구세안액 노출에 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 안구세안액 노출에 따른 써클렌즈의 파라미터 변화는 다목적용액으로 처리 시 1시간 후 모든 써클렌즈에서 노출 전의 값과 통계적으로 유의한 차이가 없는 수준으로 회복됨을 알 수 있었으며, 8시간 후에는 nelfilcon A 써클렌즈를 제외하고 모두 식약처 허용 오차기준 이내의 값으로 회복됨을 확인하였다. Hilafilcon B, polyacon 및 lotrafilcon B 재질 써클렌즈에서는 안구세안액 노출 전후 면봉테스트 시 모두 염료용출이 확인되었으며, 안구세안액 노출 8시간 후에는 주사전자현미경 관찰 결과 표면손상을 확인할 수 있었다. **결론:** 본 연구결과 안구세안액 노출 시 고함수 써클렌즈는 이온성 여부에 따라 파라미터의 변화시간 및 양상이 달라지며 이러한 변화는 다목적용액 처리 시 모두 식약처 허용오차기준 내로 회복됨을 알 수 있었고, 써클렌즈의 염료용출과 표면손상은 파라미터 변화가 없었던 저함수 비이온 하이드로겔과 실리콘하이드로겔 렌즈에서 나타남을 확인하였다. 따라서 안구세안액 노출 후 렌즈 파라미터의 변화가 유발되었거나 표면손상으로 염료용출의 가능성이 있는 써클렌즈를 반복적으로 문질러 세척하고 착용한다면 피팅상태 뿐 아니라 안건강에도 영향을 미칠 것이라 예상된다.

주제어: 안구세안액, 써클 소프트콘택트렌즈, 하이드로겔 렌즈, 실리콘 하이드로겔 렌즈, 렌즈 파라미터, 렌즈 표면, 염료 용출