



Difference in Staining of Soft Contact Lenses According to Coloring Components of Eyeliner

Hyun Young Byun¹, Hyeon Jung Yu¹, Seung Hye Choi¹, Jang Cheol Shin²,
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 May 15, 2017; Revised August 21, 2017; Accepted November 28, 2017)

Purpose: The purpose of this study was to investigate the difference in the staining degree according to the type of ingredients contained in liquid eyeliners and cleaning effect of contact lenses. **Methods:** Three kinds of eyeliners containing red yellow, and black oxides of iron, and another three kinds of liquid eyeliner mixed with two or three iron oxides were diluted in saline. Then, their staining degree was observed by naked eyes and their transparency was measured, respectively, after 1 hr-immersion of somofilcon A, nesofilcon A, galyfilcon A, etafilcon A lenses in the diluted saline followed by cleaning. **Results:** The etafilcon A and somofilcon A lenses showed the highest staining when immersed in the eyeliner solution containing black oxide of iron. The staining degree of nesofilcon A lenses was highest when deposited with the eyeliner containing yellow oxide of iron. Galyfilcon A lenses showed the highest degree of staining in the eyeliner solution containing red oxide of iron, and a mixture of red and yellow oxides of iron. In the case of the nesofilcon A lenses immersed in the eyeliner solution containing yellow oxide of iron, the most staining remained after cleaned with a multipurpose solution. **Conclusions:** From this study, it is revealed that soft contact lenses are stained by liquid eyeliners, and the staining can not be returned to the baseline even when washed with multipurpose solution since irreversible staining may be induced depending on the ingredients contained in eyeliners. Therefore, it may be necessary to educate soft contact lens wearers about the cosmetics that cause staining in advance.

Key words: Red oxide of iron, Black oxide of iron, Yellow oxide of iron, Eyeliner, Soft contact lens

서 론

소프트콘택트렌즈는 렌즈의 특성상 부드럽고 유연할 뿐 아니라 끊임없는 재질 개발로 광학적으로 완성 단계까지 와있다는^[1] 장점과 함께 미용에 대한 관심의 증가로 인해 활동성이 높은 젊은 층을 중심으로 콘택트렌즈 착용자의 수가 꾸준히 증가하고 있다.^[2] 그러나 콘택트렌즈는 각막에 직접 닿아 각막 생리에 영향을 미치므로 눈물성분과 같은 내부 기원 이물질뿐만 아니라 외부 기원 이물질의 부착에 의해 부작용이 유발될 수 있어 콘택트렌즈와 이물질과의 관계에 대한 많은 연구들이 보고되고 있다.^[1,3-5] 외부 기원 이물질 중 가장 관심의 대상이 되고 있는 화장품은 콘택트렌즈에 부착되었을 때 가시광선 투과도에 영향을 미치는 것으로 보고되었다.^[3-5]

아이라이너나 마스카라와 같은 착색화장품으로 눈 화장

을 하는 여성들은 항상 콘택트렌즈에 착색화장품이 침착될 가능성이 있으며, 그로 인해 콘택트렌즈 착용이 더 많은 불편감을 초래할 수 있다.^[3,4] 여대생 중 메이크업을 할 의사가 있는 여대생은 74.5%였으며 여대생들이 사용하고 있는 아이메이크업 중 아이라이너가 59.3%로 절반 이상을 차지해 가장 많이 사용하는 화장품이라고 보고된 바 있다.^[6]

콘택트렌즈에 대한 화장품의 영향을 조사한 연구에서 기초화장품이 콘택트렌즈의 가시광선 투과도와 습윤성, 접촉각, 곡률반경에 영향을 미친다는 연구결과가 있었으며^[5] 김 등^[14]의 연구에서는 마스카라 1종, 리퀴드 아이라이너 1종, 리퀴드 아이섀도우 1종, 가루 아이섀도우 1종에 침착되었을 때 가시광선 투과도와 표면의 침착 정도가 달라진 것을 보고한 바 있다. 또한 구 등^[7]의 연구에서는 아이라이너에 침착된 소프트콘택트렌즈를 초음파세척기와 다목적 용액을 통해 세척한 후 효율을 비교하였을 때 다

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

본 논문의 일부내용은 2017년도 한국안광학회 하계학술대회에서 구연으로 발표되었음.

Table 1. Characteristics of soft contact lenses tested

Contact Lens	Lens 1 ^[10]	Lens 2 ^[11,12]	Lens 3 ^[13,14]	Lens 4 ^[10]
Product	Clariti 1 Day	Bio True	Acuvue Advance	1 Day Acuvue
Manufacturer	Cooper Vision	Bausch + Lomb	Johnson & Johnson	Johnson & Johnson
USAN	somofilcon A	nesofilcon A	galyfilcon A	etafilcon A
Water content (%)	56	78	47	58
Dk/t	86	93	87	33
FDA group	V	II	V	IV
Diameter (mm)	14.1	14.2	14.0	14.2
Back vertex power (D)	-3.00	-3.00	-3.00	-3.00
Surface Treatment	none	none	none	none
Monomer	hydrophilic co-polymer of silicone containing monomers, hydrophilic monomers, tetraethylene glycol dimethacrylate*	HEMA, NVP	mPDMS, DMA, HEMA, EGDMA, PVP, siloxane, macromer	HEMA, PVP, MA

DMA; N,N-dimethylacrylamide, EGDMA; ethyleneglycol dimethacrylate, MA; methacrylic acid, mPDMS; monofunctional polydimethylsiloxane, NVP; N-vinyl pyrrolidone, HEMA; hydroxyethyl methacrylate, PVP; poly(vinylpyrrolidone)

*package insert

목적 용액을 이용한 손세척이 더 효율적이라고 보고한 바 있다. 박 등의^[3] 연구에서는 1종의 아이라이너 화장품을 선택하여 각기 다른 3가지 재료의 콘택트렌즈에 침착시켰을 때 각기 다른 침착 양상을 보인다는 연구결과를 보고하였다. 또한, 초음파세척기보다 다목적 용액을 통한 세척이 더 효과적이라는 결과와 함께 가시광선 투과도와 렌즈 파라미터가 아이라이너가 침착되기 전 상태로 회복되기에는 한계가 있음을 보고하였다.^[3]

아이라이너 화장품은 종류가 다양하며 함유된 착색제의 종류도 다양하여, 어떤 종류의 착색제가 사용되었느냐에 따라 소프트콘택트렌즈에 침착되는 정도와 세척효율이 달라질 수 있을 것으로 보인다. 따라서 본 연구에서는 함유된 착색제 성분이 다른 6종의 아이라이너를 선택하여 4종의 다른 재료의 소프트콘택트렌즈에 착색되는 정도를 알아보고 착색제 종류에 따른 침착 정도와 함께 콘택트렌즈 재료와의 상관성을 알아보았다. 또한, 다목적 용액에 의해 세척이 가능한지를 알아보고 아이라이너 성분의 콘택트렌즈 부착이 가역적인지 비가역적인지를 알아보았다.

대상 및 방법

1. 실험재료 및 시약

본 연구에서는 서로 다른 재료로 이루어진 4종의 렌즈를 사용하였다. 렌즈 1은 somofilcon A (Clariti 1day, Cooper Vison, USA), 렌즈 2는 nesofilcon A (Biotrue, Bausch &

Lomb, USA), 렌즈 3은 galyfilcon A (Acuvue advance, Johnson & Johnson, USA), 렌즈 4는 etafilcon A (1 Day Acuvue, Johnson & Johnson, USA)로 표기하였다(Table 1).

아이라이너 세척을 위해 사용한 다목적용액은 Re-nu Fresh®(Bausch & Lomb, USA) (hydroxyalkylphosphonate, boric acid, edetate disodium, poloxamine, sodium borate, sodium chloride, DYMED 0.0001%)를 사용하였다.^[3]

아이라이너는 서로 다른 산화철의 조합으로 이루어진 6종의 리퀴드 아이라이너를 사용하였다. 아이라이너에 함유된 산화철의 종류에 따라 적색산화철을 함유한 아이라이너를 A, 흑색산화철을 함유한 아이라이너는 B, 황색산화철을 함유한 아이라이너는 C로 표기하였으며, 적색산화철과 흑색산화철을 함유한 아이라이너는 AB, 적색산화철과 황색산화철을 함유한 아이라이너는 AC, 적색산화철, 흑색산화철 및 황색산화철을 모두 함유한 아이라이너는 ABC로 표기하였다(Table 2).

2. 아이라이너 침착 및 세척

콘택트렌즈에 한번 묻힌 아이라이너의 양은 평균 $0.58 \pm 0.30 \mu\text{l}$ 이었다. 이 양은 평상시 성인 평균 눈물양 $6 \mu\text{l}$ 의 약 1/10이었으므로^[13] 이를 기준으로 하여 아이라이너가 두 번 묻은 농도인 1:5 희석액과 한 번 묻은 농도인 1:10의 희석액을 생리식염수를 이용하여 제조하였다. 희석액 5 ml에 소프트콘택트렌즈를 렌즈별로 각각 1시간 동안 진탕기(CR300, FINEPCR, Korea)에서 침착시켰다.

Table 2. Ingredients in the eyeliners used in the study

Eyeliner	Manufacturer	Product	Component
A	Innisfree	Powerproof Brush Liner (brown)	purified water, red oxide of iron, styrene/acrylate copolymer, butylene glycol, carbon black, ethanol, 1,2-hexanediol, sodium polyaspartate, pentylene glycol, sodium benzoate, beheneth-30, ethylhexyl glycerin, phenoxyethanol, acrylate/octylacrylamide copolymer, sodium hydroxide, potassium sorbate, caprylyl glycol*
B	Innisfree	Eco Lasting Eyeliner	purified water, acrylates copolymer, black oxide of iron, glycerin, butylene glycol, isopropyl alcohol, pentylene glycol, ethylhexanediol, carbon black, acetyl tributylcitrate, bentonite, laureth-21, phenoxyethanol, panthenol, xanthan gum, VP/VA copolymer, PEG-40 hydrogenated castor oil, sodium metaphosphate, disodium EDTA, green tea extract, sodium magnesium silicate*
C	Holika Holika	Jewel-light Waterproof Liquid Eyeliner (05)	acrylates copolymer, purified water, titanium dioxide, calcium aluminium borosilicate, butylene glycol, mica, glycerin, ethanol, PVP, silica, stearic acid, yellow oxide of iron, triethanolamine, polysorbate60, 1,2-hexanediol, isobutylene/sodium maleatecopolymer, alginate acid, <i>Simmondsia Chinensis</i> (Jojoba) seed oil*
AB	TONYMOLY	Perfect Eyes Super Proof Eye Liner (brown)	purified water, acrylate/ethylhexylacrylates copolymer, pentylene glycol, 1,2-hexanediol, mica, ethanol, algae extract, black soybean extract, honey extract, camellia oil, rosal jelly, blackberry extract, blueberry extract, <i>Morus bombycis</i> root extract, silk amino acid, euterpe oleracea fruit extract, <i>Sesamum Indicum</i> (Sesame) seed extract, hydrolyzed wheat protein, polysorbate80, laureth-21, arginine, citric acid, simethicone, xanthan gum, bentonite, polyester-5, isobutylene/sodium maleatecopolymer, pectin, sucrose palmitate, sodium phosphate, galactoarabinan, disodium EDTA, black oxide of iron, red oxide of iron*
AC	SKINFOOD	VIVA-Waterproof Tip Pen Eyeliner (brown)	purified water, acrylates copolymer, butylene glycol, ethanol, durum wheat extract, sodium polyacrylate, panthenol, steareth-20, laureth-21, disodium EDTA, PEG-40 hydrogenated castor oil, caprylyl glycol, phenoxyethanol, sodium dehydroacetate, red oxide of iron (CI 77491), yellow oxide of iron (CI 77492), carbon black (CI 77266)*
ABC	SKINFOOD	Sweet Almonde Eyeliner (3)	purified water, PVP, xanthan gum, silica, sweet almonde oil, styrene/acrylates/ammonium methacrylate copolymer, acrylates copolymer, propylene glycol, polysorbate80, polyvinyl alcohol, isobutylene/sodium maleatecopolymer, phenoxyethanol, disodium EDTA, magnesium aluminium silicate, methylparaben, titanium dioxide, yellow oxide of iron, red oxide of iron, black oxide of iron*

*Manufacturer guideline

아이라이너 종류 및 농도 별로 콘택트렌즈 종류 별로 각각 5개의 렌즈를 실험에 사용하였다.

아이라이너에 침착된 콘택트렌즈를 다목적 용액 세척 전후의 차이를 알아보기 위하여 다목적 용액을 이용하여 제조회사의 권장사항에 따라 렌즈에 3방울 떨어뜨리고 손가락을 이용해 20초간 부드럽게 문질러서 세척을 하고 앞 뒤면을 충분히 헹구어 주었다.

3. 소프트콘택트렌즈의 침착 정도 관찰 및 투과도 측정

아이라이너의 소프트콘택트렌즈 침착 정도는 사진 촬영과 육안을 통해 렌즈 표면의 착색 정도를 관찰하였다. 소프트콘택트렌즈의 투과도 변화는 UV spectrometer(CL-100, TM-1, Topcon, Japan)를 사용하여 측정하였으며, 전체 가시영역의 평균 투과도를 사용하였다. 4종류의 소프트콘택트렌즈의 가시광선 투과도가 다르며, 각 소프트콘택트렌즈별 아이라이너 착색에 의한 변화를 명확하게 비교하기 위해 아이라이너가 노출되지 않은 각 소프트콘택

트렌즈의 값을 100%로 하고 아이라이너에 노출된 각 소프트콘택트렌즈의 가시광선 투과도의 변화를 상대비로 비교하였다.
















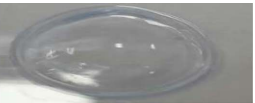





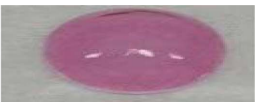











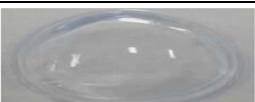






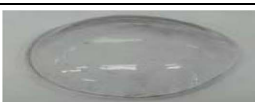







통계적 유의성은 paired t-test로 검증하였고 $p < 0.05$ 일 때 통계적으로 유의한 차이가 있다고 하였다.

결과 및 고찰

1. 아이라이너가 침착된 소프트콘택트렌즈의 육안 관찰

아이라이너 A의 경우는 렌즈 4가 검은색으로 가장 진하게 착색되었다. 렌즈 1과 렌즈 3은 렌즈 표면에 부분적으로 연한 검은색으로 아이라이너가 착색되었으며 렌즈 2의 표면 색상은 투명에 가까워서 육안으로 착색의 유무를 파악하기 어려웠다. 아이라이너 B의 경우도 렌즈 4의 표면이 검은색으로 가장 진하게 착색되었다. 렌즈 1의 표면도 검은색으로 착색되었으며 렌즈 3은 표면에 부분적으로 연한 검은색의 착색이 관찰되었다. 렌즈 2 표면은 육안으로

Table 3. Surfaces of soft contact lenses deposited with eyeliner before and after cleaning

Eye-liner	Before or after cleaning	Lens 1	Lens 2	Lens 3	Lens 4
A	Before				
	After				
B	Before				
	After				
C	Before				
	After				
AB	Before				
	After				
AC	Before				
	After				
ABC	Before				
	After				

착색의 유무를 파악하기 어려웠다. 아이라이너 C의 경우는 렌즈 2의 표면이 분홍색으로 가장 진하게 착색되었으며 렌즈 1의 표면은 렌즈 2보다 연했지만 대조군 렌즈 표면에 비해서 분홍색으로 진하게 착색된 것을 관찰할 수 있었다. 렌즈 3과 렌즈 4는 육안으로 착색의 유무를 파악하기 어려웠다. 아이라이너 AB의 경우는 렌즈 1이 갈색으로 연하게 착색되었으며 렌즈 2, 3 및 4는 투명에 가까워

육안으로 착색의 유무를 파악하기 어려웠다. 아이라이너 AC의 경우는 렌즈 4의 표면이 검은색으로 가장 진하게 착색되었다. 아이라이너 AC에 의해 렌즈 1의 표면은 연한 검은색으로 착색되었으며 렌즈 3은 부분적으로 연한 검은색으로 착색되었고, 렌즈 2는 투명에 가까워서 육안으로 착색의 유무를 파악하기 어려웠다. 아이라이너 ABC의 경우는 렌즈 4가 검은색으로 연하게 착색되었으며 렌즈 1의 표면도

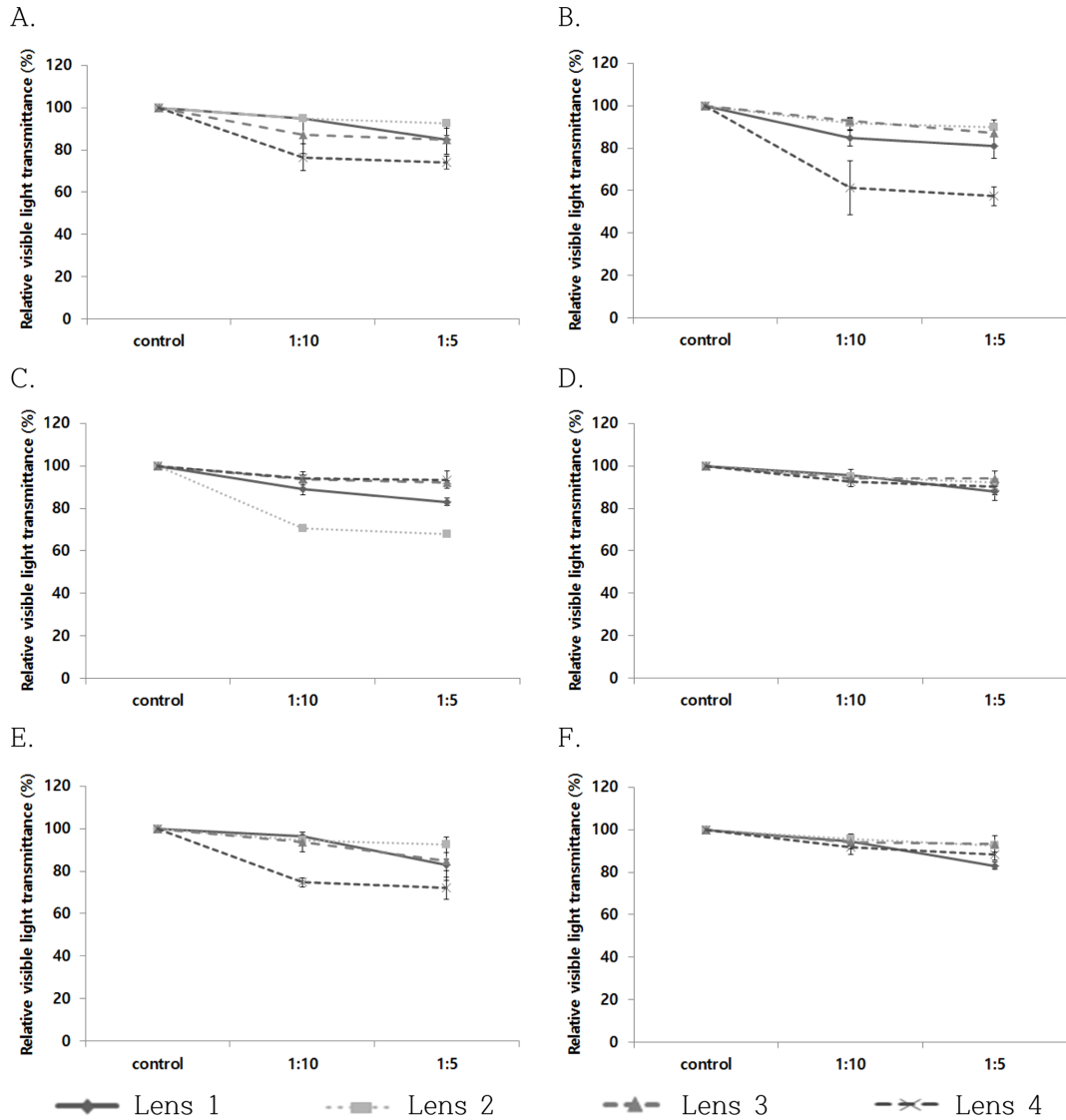


Fig. 1. Changes in visible light transmittance of soft contact lenses when deposited with eyeliners.

검은색으로 착색되었지만 렌즈4에 비해서는 연하게 착색된 것을 알 수 있었다. 렌즈 2와 렌즈 3은 투명에 가까워 육안으로 착색의 유무를 파악하기 어려웠다(Table 3).

2. 아이라이너가 침착된 소프트콘택트렌즈의 가시광선 투과도

아이라이너 A는 한 번 묻은 농도인 1:10 희석농도에서 소프트콘택트렌즈의 가시광선 투과도를 감소시켰으며, 렌즈 종류에 따라 감소 정도에 차이가 있었다. 즉, 아이라이너 A에 의해 가시광선투과도가 감소된 순서는 렌즈 4>렌즈 3>렌즈 1>렌즈 2이며 침착 전에 비하여 각각 23.5%, 13.0%, 5.0%, 5.0% 감소하였으며, 두 번 묻은 농도인 1:5 희석농도에서는 각각 26.0%, 15.3%, 15.0%, 7.7% 감소하였다(Fig. 1A). 아이라이너 B는 1:10 농도에서 렌즈 4>렌즈 1>렌즈 2>렌즈 3 순으로 가시광선투과도가 감소하였

으며 침착 전에 비하여 각각 38.7%, 15.3%, 8.3%, 7.0% 감소하였고, 1:5 농도에서는 각각 42.7%, 19.0%, 10.3%, 13.0% 감소하였다(Fig. 1B). 아이라이너 C는 1:10 농도에서 렌즈 2>렌즈 1>렌즈 3>렌즈 4순으로 침착 전에 비해 각각 29.3%, 11.0%, 6.3%, 6.0% 가시광선투과도가 감소하였으며, 1:5 농도에서도 각각 32.0%, 17.0%, 8.0%, 6.7% 감소하였다(Fig. 1C). 아이라이너 AB는 1:10 농도에서 렌즈 4>렌즈 3>렌즈 2>렌즈 1순으로 침착 전에 비하여 가시광선투과도가 각각 7.7%, 6.0%, 5.0%, 4.3% 감소하였고, 1:5 농도에서는 각각 9.7%, 6.0%, 8.0%, 12.0% 감소하였다(Fig. 1D). 아이라이너 AC는 1:10 농도에서 렌즈 4>렌즈 3>렌즈 2>렌즈 1순으로 침착 전에 비하여 가시광선투과도가 각각 25.3%, 6.3%, 5.7%, 3.7% 감소하였고, 1:5 농도에서는 각각 28.0%, 15.3%, 7.7%, 17.0% 감소하였다(Fig. 1E). 아이라이너 ABC는 1:10 농도에서 렌즈 4>렌즈

Table 4. Statistical analysis of the changes in visible light transmittance of soft contact lenses according to the eyeliner deposition followed by cleaning

Comparison	p-value				
	Eyeliner	Lens 1	Lens 2	Lens 3	Lens 4
Before eyeliner deposition vs before cleaning	A	0.000	0.000	0.000	0.000
	B	0.000	0.000	0.000	0.000
	C	0.000	0.000	0.000	0.000
	AB	0.000	0.001	0.000	0.000
	AC	0.000	0.000	0.000	0.000
	ABC	0.000	0.000	0.000	0.000
Before cleaning vs after cleaning	A	0.000	0.000	0.001	0.000
	B	0.000	0.000	0.001	0.000
	C	0.000	0.000	0.365	0.533
	AB	0.002	0.166	0.001	0.000
	AC	0.000	0.000	0.001	0.000
	ABC	0.000	0.016	0.000	0.004

3>렌즈 1>렌즈 2순으로 침착 전에 비하여 가시광선 투과도가 각각 8.3%, 6.0%, 5.7%, 4.3% 감소하였고, 1:5 농도에서는 각각 11.7%, 6.7%, 17.0%, 7.7% 감소하였다(Fig. 1F). 아이라이너의 침착에 의한 각각의 렌즈의 가시광선 투과도 감소는 모두 통계적으로 유의하였다(Table 4).

이상의 결과로 아이라이너 A, B 및 AC는 etafilcon A 재질인 렌즈 4에 가장 많이 착색되었으며 아이라이너 C는 nesofilcon A 재질인 렌즈 2에 가장 많이 착색되었다. 반면에 아이라이너 AB와 ABC는 수치상으로는 somofilcon A 재질인 렌즈 1과 etafilcon A 재질인 렌즈 4에 가장 많이 착색되었으나 이 두 가지 종류의 아이라이너에 대한 렌즈의 착색 정도가 다른 종류의 아이라이너에 비해 전반적으로 낮았다.

3. 다목적용액으로 세척 후 소프트콘택트렌즈의 육안 관찰

아이라이너 A와 B가 침착된 렌즈를 세척한 후 육안 관찰하였을 때 모든 렌즈에서 착색을 관찰할 수 없어 세척에 의해 화장품이 제거된 것으로 보였다. 아이라이너 C가 침착된 nesofilcon A 재질인 렌즈 2는 세척 후에도 렌즈가 분홍색으로 착색되어 원상태로 회복되지 않았으며, 렌즈 1, 렌즈 3 및 렌즈 4는 착색이 제거된 것으로 관찰되었다. 아이라이너 AB, AC 및 ABC는 모든 렌즈에서 착색을 관찰할 수 없어 세척에 의해 아이라이너가 제거된 것으로 보였다(Table 3).

4. 다목적 용액으로 세척 후 소프트콘택트렌즈의 가시광선 투과도

다목적 용액으로 세척 후 모든 렌즈에서 가시광선 투과

도가 세척 전보다 회복되었지만 회복된 정도는 렌즈에 따라 차이가 있었다. 즉, 아이라이너 A를 1:5로 희석한 농도에 침착시킨 후 세척하였을 때 가시광선 투과도 증가량은 렌즈 4>렌즈 1>렌즈 3>렌즈 2순이며 세척 전에 비하여 각각 18.7%, 10.0%, 9.0%, 3.7% 증가하였다(Fig. 2A). 아이라이너 B의 경우 렌즈 4>렌즈 1>렌즈 3>렌즈 2순으로 가시광선 투과도가 증가하였으며 세척 전에 비하여 각각 37.0%, 14.0%, 9.7%, 6.3% 증가하였다(Fig. 2B). 아이라이너 C의 경우 렌즈 1>렌즈 2>렌즈 4>렌즈 3순으로 가시광선 투과도가 증가하였으며 세척 전에 비하여 각각 5.7%, 4.0%, 1.4%, 1.0% 증가하였다(Fig. 2C). 아이라이너 AB의 경우 렌즈 1>렌즈 3>렌즈 4>렌즈 2순으로 가시광선 투과도가 증가하였으며 세척 전에 비하여 각각 8.0%, 5.0%, 4.7%, 3.7% 증가하였다(Fig. 2D). 아이라이너 AC의 경우 렌즈 4>렌즈 3>렌즈 2>렌즈 1순으로 가시광선 투과도가 증가하였으며 세척 전에 비하여 각각 24.0%, 10.3%, 5.7%, 5.0% 증가하였다(Fig. 2E). 아이라이너 ABC의 경우 렌즈 1>렌즈 4>렌즈 2>렌즈 3순으로 가시광선 투과도가 증가하였으며 세척 전에 비하여 각각 14.0%, 5.0%, 2.7%, 2.4% 증가하였다(Fig. 2F).

이상의 결과에서 세척에 의해 아이라이너 A, B 및 AC의 경우 etafilcon A 재질인 렌즈 4의 가시광선 투과도의 회복 정도가 가장 컸으며, 세척 전과 비교하여 통계적으로도 유의한 값의 변화였다. 아이라이너 C, AB, ABC의 경우는 수치상으로는 somofilcon A 재질인 렌즈 1이 가시광선 투과도의 회복 정도가 가장 컸으며 세척 전과 비교하여 통계적으로도 유의한 수치였다. 하지만 아이라이너 C

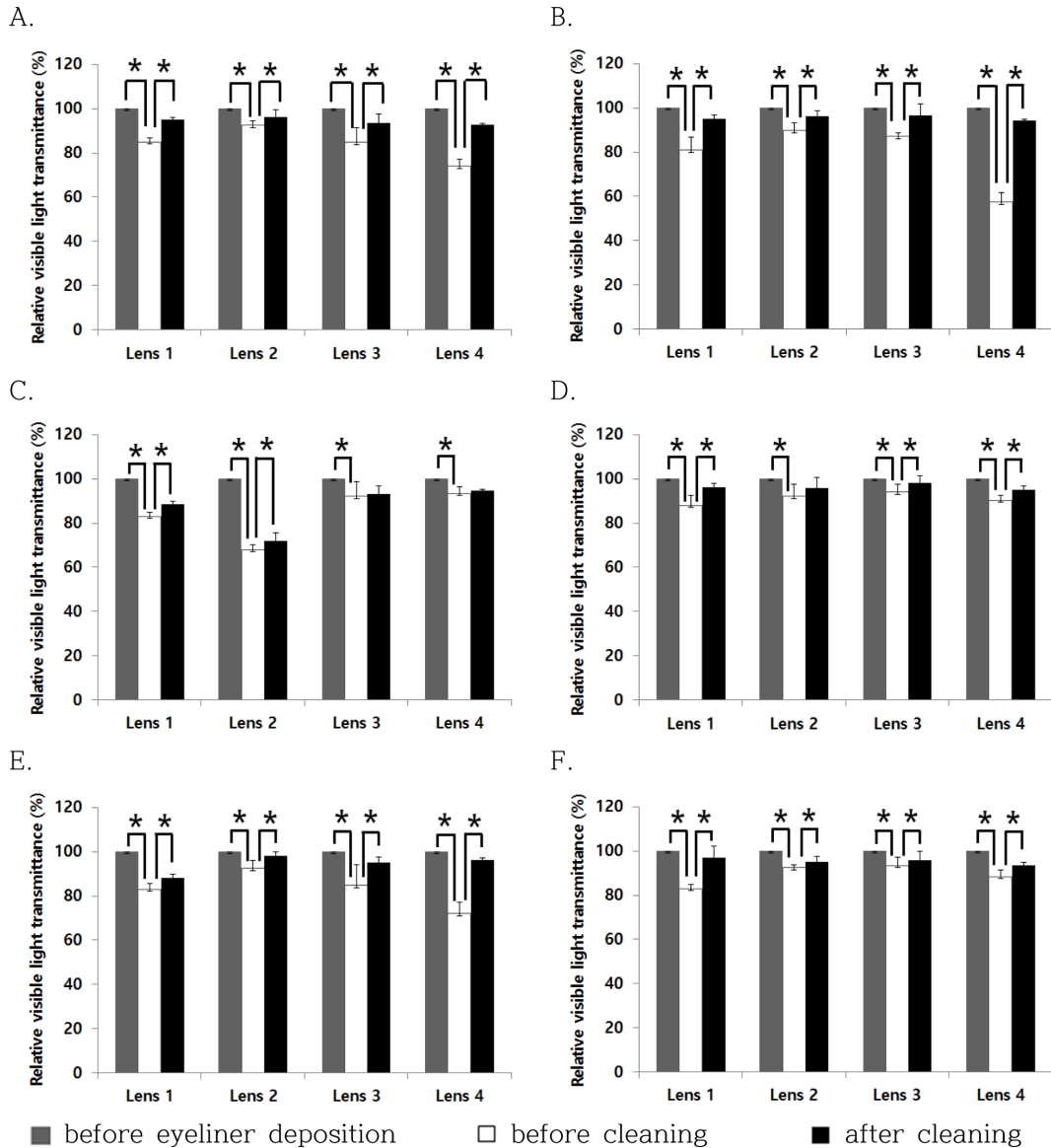


Fig. 2. Changes in visible light transmittance after cleaning soft contact lenses deposited with eyeliner.

A. deposited with eyeliner A, B. deposited with eyeliner B, C. deposited with eyeliner C, D. deposited with a mixture of eyeliners A and B, E. deposited with a mixture of eyeliners A and C, F. deposited with a mixture of eyeliners A, B and C.

*Significantly different at p<0.05

와 아이라이너 AB는 수치상으로 나머지 재질의 렌즈 2, 3, 4와 큰 차이를 보이지 않았다.

58%의 높은 함수율을 가지고 있는 이온성 재질인 etafilcon A 렌즈를 흑색산화철을 포함한 아이라이너에 침착시켰을 때 가시광선 투과도의 감소량이 42.7%로 가장 높은 착색정도를 보였다.

일반적으로 화장품에 쓰이는 착색안료 중 산화철 성분은 수산화철(Fe(OH)₂)을 원료로 하는 천연 무기염료로서 입자의 크기는 0.1~1 μm 까지 다양하며 제법에 따라 색과 입자의 크기를 조정할 수 있다. 적색산화철은 Fe₂O₃의 산화제2철, 흑색산화철은 Fe₃O₄로 사산화삼철에 속하며 황색산화철은 FeO(OH)로 산화제1철에 속한다.^[14] 산화철 성

분이 결합되어 있는 Fe³⁺-O²⁻ 이온결합은 oxalate와 같은 음이온에 의해 쉽게 깨질 수 있다.^[15] 본 연구에서 가장 높은 산화철 착색정도를 보인 etafilcon A 재질의 경우 4가지 렌즈 중 유일한 이온성 재질이면서 표면에 음이온을 띠고 있는 재질이다. 따라서 양이온인 Fe가 가장 많이 침착되어 나타난 결과로 보여진다. 이외에도 아이라이너에 자주 쓰이는 착색 안료 성분으로 10-100 nm로 산화철 보다 더 작은 입자인 카본블랙이 있다. 이 물질은 흑색 안료로 표면에 위치하는 기능기 구조에 따라 수용액의 pH에 의해 쉽게 이온화 되는 성질을 가지고 있다.^[16,17] 이 역시 etafilcon A 렌즈가 4가지 렌즈 중 가장 높은 아이라이너 착색량을 보인 이유로 생각된다.

또한 78%의 높은 흡수율을 가지고 있는 비이온성 재질인 nesofilcon A 렌즈를 황색산화철을 포함한 아이라이너에 침착시켰을 때 가시광선 투과도의 감소량이 32%로 높았으며 다목적 용액으로 세척 후에 가시광선 투과도가 72%로 가장 낮았다. 이로 보아 nesofilcon A 렌즈의 경우 황색산화철이 함유된 아이라이너의 성분들과 매우 강하게 결합하고 있는 것으로 생각되었다. 흡수율이 크다는 것은 pore가 많고 그 pore를 구성하고 있는 HEMA 등의 -OH기와 같이 물과 수소결합을 할 수 있는 친수성기를 많이 가지고 있는 것이기 때문에 이온성 재질처럼 흡수율이 높은 렌즈에서 아이라이너의 침착이 많은 것으로 보여진다. 하지만 이온성 여부나 흡수율 정도와 같은 차이가 더 많이 침착되는 아이라이너의 종류가 달라지게 하는 하나의 이유가 되었으리라 생각된다.

일반적으로 실리콘하이드로겔 렌즈의 pore size는 55 Å 이하, 하이드로겔 렌즈는 55 Å 이상으로 보고되었다. 또한 흡수율이 높은 렌즈일수록 산소투과성이 증가하는 동시에 렌즈 재질의 pore 사이에 들어가는 침전물의 양도 증가한다고 알려져 있다.^[18] Nesofilcon A 렌즈의 경우 78%의 높은 흡수율을 가지고 있어 침착된 산화철 양이 높았던 것으로 생각된다.

황색산화철에 함유된 성분 중 착색안료 성분 외에도 mica, silica 라는 성분이 있는데 이들은 화장품의 착색력 및 부착력, 은폐력 등을 높이기 위해 쓰이는 성분들이다. 또한 titanium dioxide는 주로 백색 안료로 사용되는 성분인 동시에 은폐력, 착색력도 우수한 성분이다.^[14] 황색산화철을 함유한 아이라이너의 경우 다른 아이라이너에 비해 이러한 성분들이 다수 함유된 것으로 보아 silica와 같은 성분들이 nesofilcon A 렌즈에 착색된 착색안료가 세척 시 떨어지지 않도록 부착력을 향상시켰을 것으로 생각된다.

콘택트렌즈 표면 거칠기에 따라서도 침착되는 물질의 양상이 달라질 수 있는데 표면의 거칠기가 더 클수록 침착되는 물질의 양이 많으며, 실리콘하이드로겔 렌즈 중 표면처리가 되어 있는 렌즈라면 표면 거칠기가 감소하여 침착되는 물질의 양이 비교적 적은 것으로 알려져 있다.^[19,20] 본 연구에서 사용한 galyfilcon A 렌즈 및 somofilcon A 렌즈는 실리콘하이드로겔 재질이지만 표면처리가 되어 있는 렌즈가 아니라서 하이드로겔 재질인 etafilcon A에 비해 표면의 거칠기가 큰 차이가 나지 않을 수 있지만^[20] 미세한 표면 거칠기의 차이가 아이라이너의 침착에 영향을 미쳤을 가능성을 배제할 수 없다.

ANSI Z80.20 규격에 따르면 투명렌즈의 경우 88% 이상, 식별렌즈 70% 이상으로 가시광선 투과도가 규정되어 있다.^[21] 본 연구에서 1:10과 1:5의 희석농도에 렌즈를 침착시킨 결과 적색산화철과 흑색산화철이 함께 함유된 아

이라이너 AB에서만 모든 렌즈가 88% 이상의 가시광선 투과율을 보였고 나머지 아이라이너에서는 대부분이 88% 이하의 가시광선 투과율을 보였다. 또한 1:5의 희석농도에 침착시킨 렌즈를 다목적 용액으로 세척한 결과 황색산화철이 함유된 아이라이너에 침착시켰던 nesofilcon A 렌즈는 세척 후에도 가시광선 투과도가 88%를 넘지 못하였다. 이상에서 아이라이너가 침착된 소프트콘택트렌즈는 세척 후에도 콘택트렌즈 가시광선 투과도의 기준을 벗어날 수 있음을 알 수 있었으며 이러한 변화는 시력에도 영향을 미칠 수 있을 것으로 보인다.

결론

본 연구에서는 아이라이너에 의해 소프트콘택트렌즈가 착색이 되는지와 다목적 용액에 의해서 이러한 착색이 제거되는지를 알아보았다.

렌즈 재질에 따라서 아이라이너의 착색 정도는 달랐다. Etafilcon A와 somofilcon A 재질 렌즈는 흑색산화철이 함유된 아이라이너에서 착색 정도가 가장 컸고 황색산화철을 함유한 아이라이너를 제외하고는 전반적으로 착색이 잘 되었다. 특히 etafilcon A 재질 렌즈는 산화철 성분 이외에 카본블랙이 함유된 아이라이너에서 특히 높은 착색 정도를 보였다. Nesofilcon A 재질 렌즈는 황색산화철이 함유된 아이라이너에 착색이 가장 잘되며 나머지 종류의 아이라이너에는 착색 정도가 적었으며 다목적용액으로 세척 후에도 가장 많은 착색정도가 남아있었다. Galyfilcon A 재질 렌즈는 적색산화철이 함유된 아이라이너, 적색산화철+황색산화철이 함유된 아이라이너에 착색이 가장 잘되며 나머지 종류의 아이라이너에는 착색정도가 적었다.

콘택트렌즈에 침착된 아이라이너는 다목적 용액을 이용한 손 세척 시 렌즈 종류에 따라 세척 효율이 달랐으며 세척 후에도 아이라이너의 침착으로 인해 가시광선 투과도의 저하와 육안으로 착색이 관찰됨을 알 수 있었다. 렌즈의 착색을 피하기 위해서는 렌즈를 착용한 채 화장을 하는 사람들은 적절한 렌즈 관리 방법을 사용해야 하며, 사용하는 아이라이너의 착색 성분에 따라 적절한 재질의 콘택트렌즈를 선택해야 할 필요성이 있음을 알 수 있었다.

REFERENCES

- [1] Park SI, Lee YJ, Lee HS, Park M. The momentary movement of soft contact lens by blinking : The change of movement depending on wearing time. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2007;12(1):1-7.
- [2] Kim DH, Kim JS, Mun JH. The status of soft contact lens wear in college students in Korea. J Korean Ophthalmic

- Opt Soc. 2004;9(2):233-239.
- [3] Park M, Kim SH, Ku BK, Kim SR. Comparisons of the change in soft contact lenses parameters and the cleaning efficiency after eyeliner deposition. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2013;18(2):107-115.
- [4] Kim JE, Jung BY, Noh HR. Changes in optical and surface properties of contaminated soft contact lenses. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2012;17(1):83-89.
- [5] Song JO, Choi JS, Kim DS, Park M. The change of soft contact lens after being exposed to fundamental cosmetics. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2006;11(2):99-107.
- [6] Kim EJ. A study on the purchase behavior and use of makeup cosmetics among female college students. Master Thesis. Sookmyung Women's University, Seoul. 2013;58-75.
- [7] Koo SB, Cho SB, Park M, Kim SR. The investigation on ultrasonic cleaning of soft contact lenses in local optical shops and the protein removal effect by lens containers. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2011;16(1):31-40.
- [8] Bajgrowicz M, Phan CM, Subbaraman LN, Jones L. Release of ciprofloxacin and moxifloxacin from daily disposable contact lenses from an in vitro eye model. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2015;56(4):2234-2242.
- [9] Sapkota K. Clinical experimental trials on changes in ocular surface induced by soft contact lenses wear. PhD Thesis. Universidade do Minho, Braga. 2015;20.
- [10] Oh WJ, Kim JM, Lee KJ. Clinical evaluation of three different daily disposable soft contact lens materials. *Korean J Vis Sci.* 2017;19(1):69-79.
- [11] Teichroeb JH, Forrest JA, Ngai V, Martin JW, Jones L, Medley J. Imaging protein deposits on contact lens materials. *Optom Vis Sci.* 2008;85(12):1151-1164.
- [12] González-Méijome JM, López-Alemany A, Almeida JB, Parafita MA, Refojo MF. Microscopic observation of unworn siloxane-hydrogel soft contact lenses by atomic force microscopy. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2006;76(2):412-418.
- [13] Esmaeelpour M, Watts PO, Boulton ME, Cai J, Murphy PJ. Tear film volume and protein analysis in full-term newborn infants. *Cornea.* 2011;30(4):400-404.
- [14] Lee HW, Kang SH, Nam KD. Characteristics of inorganic pigments used for cosmetics. *J Korean Oil Chem Soc.* 1994;11(2):7-15.
- [15] Schwertmann U. Solubility and dissolution of iron oxides. *Plant Soil.* 1991;130:1-25.
- [16] López de Uralde J, Ruiz I, Santos I, Zubillaga A, Bringas PG, Okariz A et al. Automatic morphological categorisation of carbon black nanoaggregates. *DEXA 2010.* 2010; 6262:185-193.
- [17] Yoon HJ, Cho SY, Park SK. Surface properties and dispersibility of carbon black with different surface chemical structure. *Appl Chem.* 2007;11(2):501-504.
- [18] Luensmann D, Jones L. Albumin adsorption to contact lens material: a review. *Cont Lens Anterior Eye.* 2008; 31(4):179-187.
- [19] Lira M, Santos L, Azeredo J, Yebra-Pimentel E, Oliveira ME. Comparative study of silicone-hydrogel contact lenses surfaces before and after wear using atomic force microscopy. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2008;85(2): 361-367.
- [20] Țălu Ș, Țălu M. Surface roughness of contact lenses investigated with atomic force microscopy. *The Scientific Bulletin of VALAHIA University – MATERIALS and MECHANICS.* 2012;10(7):107-110.
- [21] ANSI(American National Standards Institute). *Ophthalmics - Contact lenses - Standard terminology, tolerances, measurements and physicochemical properties*, 2016. [https://webstore.ansi.org/RecordDetail.aspx?sku=ANSI+Z80.20-2016\(2 December 2017\)](https://webstore.ansi.org/RecordDetail.aspx?sku=ANSI+Z80.20-2016(2 December 2017)).

아이라이너의 착색성분에 따른 소프트콘택트렌즈의 착색차이

변현영¹, 유현정¹, 최승혜¹, 신장철², 김소라¹, 박미정^{1,*}

¹서울과학기술대학교 안경광학과, 서울, 01811

²부산과학기술대학교 안경광학과, 부산, 46639

투고일(2017년 5월 15일), 수정일(2017년 8월 21일), 게재확정일(2017년 11월 28일)

목적: 본 연구에서는 리퀴드 아이라이너에 함유된 성분의 종류에 따른 콘택트렌즈의 착색 정도 및 세척 효과의 차이를 알아보았다. **방법:** 적색산화철, 황색산화철, 흑색산화철이 각각 함유되어 있는 아이라이너 3종과 두 가지 혹은 세 가지의 산화철이 혼합되어 있는 리퀴드 아이라이너 3종을 식염수에 희석시킨 후에 somofilcon A, nesofilcon A, galyfilcon A, etafilcon A 렌즈에 1시간 동안 담가둔 후와 세척 후에 착색 정도를 육안 관찰 및 투과도 측정을 하였다. **결과:** Etafilcon A와 somofilcon A 렌즈는 흑색산화철이 함유된 아이라이너에 침착되었을 때 착색 정도가 가장 컸으며, nesofilcon A 렌즈는 황색산화철이 함유된 아이라이너에 침착되었을 때 착색 정도가 가장 컸다. Galyfilcon A 렌즈는 적색산화철, 적색산화철과 황색산화철이 함유된 아이라이너에서 착색 정도가 가장 컸다. 황색산화철이 함유된 아이라이너에 침착된 nesofilcon A 렌즈의 경우 다목적 용액으로 세척 후에도 착색이 가장 많이 남아있는 것으로 나타났다. **결론:** 본 연구를 통해 리퀴드 아이라이너에 의해 소프트콘택트렌즈가 착색되며, 아이라이너에 함유된 성분에 따라서는 비가역적인 착색을 유발하여 다목적 용액을 이용한 세척에도 원상복구가 되지 않음을 확인하였다. 따라서 소프트콘택트렌즈 착용자에게 착색이 유발되는 화장품에 대한 사전 교육이 필요할 것으로 보인다.

주제어: 적색산화철, 흑색산화철, 황색산화철, 아이라이너, 소프트콘택트렌즈