Journal of the Korean Chemical Society
2020, *Vol. 64, No. 2*
Printed in the Republic of Korea
https://doi.org/10.5012/jkcs.2020.64.2.67

3-days lenses와 daily disposable lenses(1-day)의 착용 시간 별 지방 침착량 및 광학적 특성 변화의 비교

송선정 · 이수연† · 김기홍 · 추병선*
대구가톨릭대학교 바이오메디대학 안경광학과
†대구가톨릭대학교 안광학융합기술사업단
(접수 2019. 8. 20; 게재확정 2020. 2. 5)

Comparison of In Vitro Lipid Deposition and Change of Optical Characteristics on Daily Disposable Lenses (1-day) and 3-days Lenses Over 3 days

Sun Jung Song, Su Yeon Lee†, Ki Hong Kim, and Byoung Sun Chu*
Department of Optometry & Vision Science, Daegu Catholic University, Gyeongsan 38430, Korea.
†Optical Convergence Technology Center, Daegu Catholic University, Gyeongsan 38430, Korea.
**E-mail: bschu@cu.ac.kr*
(Received August 20, 2019; Accepted February 5, 2020)

요 약. In vitro 조건 하에서 두 종류의 실리콘 하이드로 겔 렌즈인 1-day lenses(Acuvue Oasys)와 3-days lenses(Davich Trevues)의 시간 경과에 따른 지방 침착물 양과 광학적 특성 변화를 비교하였다. 인공 누액은 실제의 눈물의 조성비를 기준으로 준비하였으며, 일회용 렌즈(1-day lenses: senofilcon A)와 3일착용 렌즈(3-days lenses: silicone tripolymer)를 준비된 인공 누액에 담구어 배양기에서 37 °C, 150 rpm의 속도로 흔들어 주면서 8 h, 16 h, 24 h 동안 침지 시켰다. 추출한 지방 침착물은 HPLC를 이용하여 지방 성분을 분리하고 정량 하였다. 추가적으로 시간 경과에 따른 산소 투과율, 광 투과율, 표면 변화를 관찰하였다. 침착 된 지방의 총량은 1-day lenses가 1일차 127.55 μg/lens, 2일차 302.96 μg/lens, 3일차 353.30 μg/lens이었다. 3-days lenses는 1일차 46.22 μg/lens, 2일차 66.07 μg/lens, 3일차 67.45 μg/lens이었다. 지방 침착량은 1-3일 모두에서 3-days lenses가 적었다. 산소 투과도(Dk/t)는 최초 1-day lenses가 81×10^{-9}(cm/sec)(mlO_2/ml × mmHg), 3-days lenses가 13.23×10^{-9}(cm/sec)(mlO_2/ml×mmHg)로 3-days lenses가 현저하게 낮았으며, 3일차 1-day lenses는 48×10^{-9}(cm/sec)(mlO_2/ml × mmHg), 3-days lenses가 9.6×10^{-9}(cm/sec)(mlO_2/ml×mmHg)이었다. 가시광선 투과율은 최초 1-day lenses가 97.21%, 3-days lenses가 97.65%였으며, 3일차 1-day lenses가 94.25%, 3-days lenses가 95.15%로 나타났다. 시간 경과 별 표면 변화를 확대 관찰 시 3-days lenses의 표면에 보다 많은 침착물이 관찰되었다. 이로써 1-day lenses와 비교하여 3-days lenses의 3일 착용 시 지방 침착량은 적었으나, 표면 침착물은 3-day lenses에서 보다 많이 관찰되었으며, 이는 지방 침착물 외 다른 침착물이 더 많았을 것으로 판단된다.

주제어: 인공 누액, 고성능 액체 크로마토그래피, 산소 투과도, 가시광선 투과율, 주사전자현미경

ABSTRACT. The study aimed to investigate in vitro lipid deposition of oleic acid, oleic acid methyl ester and cholesterol on a daily disposable (1-day lenses) and 3-days lenses over 3 days and changes of optical characteristics is also investigated. Artificial tear solutions were prepared to simulate actual tear compositions. Two types of contact lenses (1-day lenses (Senofilcon A) and 3-days lenses (silicone tripolymer)) were soaked in the artificial tear solutions within an incubator at 37 °C with 150 rpm for 8, 16, 24 hours. Lipid deposition (oleic acid, oleic acid methyl ester and cholesterol) were measured using high performance liquid chromatography (HPLC) instrument. In addition, measurements of oxygen transmissibility, light transmittance and observation of lens surface were conducted. The amount of lipid deposition on the 1-day lenses were 127.55 μg/lens for Day 1, 302.96 μg/lens, for Day 2, and 353.30 μg/lens for Day 3. The 3-days lenses were 46.22 μg/lens for Day 1, 66.07 μg/lens for Day 2, and 67.45 μg/lens for Day 3. Oxygen transmissibility were 81×10^{-9}(cm/sec)(ml O_2/ml×mmHg)(Baseline) and 48×10^{-9}(cm/sec)(ml O_2/ml×mmHg) (Day 3) for the 1-day lenses, it were 13.23×10^{-9}(cm/sec)(ml O_2/ml×mmHg)(Baseline) and 9.6×10^{-9}(cm/sec)(ml O_2/ml×mmHg) (Day 3) for the 3-days lenses. Transmittance of each lenses were 97.21% (Baseline) and 94.25% (Day 3) for the 1-day lenses, 97.65% (Baseline) and 95.15% (Day 3) for the 3-days lenses. Observation of surface deposition indicated greatest deposition for the 3-days lenses type on Day 3. Lipid deposition for both lens types increased by day and was greater for the 1-day lenses type. Surface deposition appeared to differ as it was greatest for the 3 days lens type, which may suggest other deposits such as protein may be present.

Key words: ATS(artificial tear solution), HPLC(high performance liquid chromatography), Oxygen transmissibility, Visible light transmittance, SEM (scanning electron microscope)

서 론

정기적인 세척에도 불구하고, 콘택트렌즈 착용 시 접촉물질에 따른 오염으로 거대 유두 결막염,[1] 각막염[2,3] 및 각막 궤양[4]등 부작용이 발생될 수 있다.[5] 종래의 교체주기가 긴 매일 착용렌즈(6개월 이상)에서 발생되었던 이러한 문제는 교체주기가 짧은 정기 교체용 콘택트렌즈 및 일회용 콘택트렌즈 개발로 안구건강에 문제를 일으켰던 이차적 문제들을 줄일 수 있었다.[6–8]

최근 보고에 따르면 세계적으로 사용 편리성과 안전성 측면에서 일회용 렌즈 판매가 꾸준히 증가하고 있으며 2018년 글로벌 기준 판매렌즈의 32%가 일회용으로 보고되고 있다.[9] 그러나 교체주기가 짧은 2주용 및 1개월용 렌즈, 일회용 콘택트렌즈의 사용에도 불구하고 렌즈 착용에서 발생되었던 이차적인 안질환들이 완전히 해결되지 못하였다. 그 이유로, 업무시간이 긴 경우 권고된 시간이상으로 렌즈를 착용하게 된다. 또 잘못된 콘택트렌즈 착용 습관과 올바른 렌즈의 세척 및 헹굼, 소독, 보관이 이루어지지 않고, 일회용 렌즈임에도 불구하고 경제적인 부담으로 재사용하기도 한다. 이렇듯 권고된 사용법을 지키지 않고 착용할 경우, 산소 투과율이 높은 렌즈나 일회용 렌즈를 사용하더라도 렌즈 착용에 따른 안질환의 발생률은 종래와 유사하다고 하였다.[9] 특히 위생적인 일회용 렌즈의 사용에도 불구하고 경제적인 부담에 따른 재사용, 권장시간 초과 착용에 따라 콘택트렌즈 관련 질환은 계속적으로 보고되고 있다. 이에 최근 국내 업체에서 3일 착용렌즈를 출시하여 일회용 렌즈 사용에 있어 경제적인 부담을 줄일 수 있게 하였다. 그러나 새롭게 출시된 3일 착용렌즈에 대한 3일 착용가능 여부에 대한 연구는 진행된 바 없다.

따라서 본 연구에서 In Vitro 상태에서 두 실리콘 하이드로겔 소재의 일회용 렌즈(1-day lens: senofilcon A)와 3일 착용렌즈(3-days lens: silicone tripolymer)에 있어 시간 경과별 지방 침착량 및 광학적 특성을 비교하고자 한다.

연구방법

실험재료

실험용 콘택트렌즈. 본 연구에는 일회용 렌즈(1-day lens: senofilcon A)와 3일 착용렌즈(3-days lens: silicone tripolymer)를 사용하였다. 실험은 총 3회 실시하였다. 두 콘택트렌즈의 특성은 *Table* 1과 같다.

인공 누액(ATS: Artificial Tear Solution). 본 연구에서 사용된 인공 누액은 총 3단계로 조제되었다. 첫 번째 단계로 농축지질(LSS: Lipid Stock Solution)을 만드는 것이다. 본 연구에 사용된 LSS는 500X 농축하였으며, 인공 누액에 사용된 지방성분은 *Table* 2와 같다. 다음 단계로 지질 인공 누액(LTS: Lipid artificial Tear Solution)을 만드는 것이다. LSS에 완충 용액(PBS: Phosphate Buffered Saline, PH 7.4)을 첨가하고, LSS가 PBS에 완전히 혼입될 때까지 37 °C에서 초음파 처리하였다. 마지막 단계로 단백질과 점액을 첨가하는 것이다. 사용된 특정 단백질과 점액 및 최종 ATS에서의 그 농도는 *Table* 2에 개략적으로 기술되어 있으며, 인공 누액에 사용된 모든 재료는 Sigma(Oakville, ON)에서 구입하였다.

***Table* 2.** Artificial tear solution components[10–14]

Lipid Component	Concentration (mg/mL)
Cholesterol	0.0018
Cholesteryl oleate	0.024
Oleic acid	0.0018
Oleic acid methyl ester	0.012
Phosphatidylcholine	0.0005
Triolein	0.016
Protein Component	**Concentration (mg/mL)**
Bovine Albumin	0.20
Hen Egg Lysozyme	1.90
Bovine Mucin	0.15
Lactoferrin	1.90
Immunoglobulin G	0.02

***Table* 1.** Characteristics of silicone hydrogel lenses

Proprietary name	Acuvue OASYS (1-day lens)	Davich Trevues (3-days lens)
Manufacturer	Johnson & Johnson	DK Medivision
USAN	Senofilcon A	Silicone tripolymer
Surface treatment	No surface treatment Internal wetting agent	No surface treatment
Base Curve(mm)	8.5/9.0	8.7
Water content (%)	38	45
Diameter(mm)	14.3	14.2
Oxygen Transmissibility (Dk/t)	121(81)	-(13.2)
Center thickness (mm) -3.00D	0.085	0.07 ~ 0.13
FDA Class	Group I	-

실험방법

인공 누액에 의한 콘택트렌즈의 오염. 실험용 콘택트렌즈는 조제된 인공 누액 2 mL에 넣어 준 후, 34.5 ºC에 서 150 rpm의 속도로 흔들어주면서 오염시켰다. 오염 후 세정 시 다목적 용액(Renu: Bausch and Lomb)을 사용하였다.

조건;

① (1일차: 8 h 오염) 각각의 렌즈를 팩에서 개봉 후 배양기에서8 h 오염

② (2일차: 16 h 오염) 8 h 오염 후 다목적 용액으로 씻고, 실온에서 16 h 다목적용액에 담근 후, 다시 배양기에서 8 h 오염 후

③ (3일차: 24 h 오염) 8 h 오염–16 h 세정–8 h 오염–16 h 세정 –8 h 오염 후 관찰이 이루어졌다.

특성분석

HPLC를 이용한 지방의 정성 및 정량적 측정.[15–17]

콘택트렌즈로부터 지방의 추출. 오염된 콘택트렌즈는 PBS용액으로 2번 헹구어 준 후 지방을 추출하였다. 지방 추출은 chloroform: methanol을 2:1의 비율로 포함하는 유기용매 2 mL에 오염된 콘택트렌즈를 담구어 배양기에서 4시간동안 37 ºC, 150 rpm의 속도로 흔들어 주면서 렌즈에 결합된 지방 침착물을 모두 추출하였다. 지방 추출 후 남아있는 유기용매는 회전식 증발기(Rotavapor® R-300, Buchi, Swiss)를 이용하여 제거하였다. 추출된 지방성분은 HPLC용 유기용매(acetonitrile : chloroform = 66.7 : 33.3, v/v) 75 μL에 완전히 녹이고 용액이 충분히 섞이도록 37°에서 초음파 처리하고, 0.2 μm nylon filter에 여과하여 사용하였다.

지방 침착물의 분리 방법. 추출한 지방 침착물은 HPLC (LC-20AR, Shimadzu, Japan)를 이용하여 지방 성분을 분리하고 정량 하였다. 분석 시 사용된 컬럼은 C-18column (4.6×250 mm, particle size: 5 μm, Shimadzu, Japan)를 이용하였다. 37 ºC에서 gradient method (acetonitrile : water = 95 : 5, v/v)를 이용하였으며, 이동상 B의 ACN을 95~100%로, 1 mL/min의 속도로 50분 동안 용출시킨 후 추출한 시료 10 μL를 주입하고 분리하였다. 분리된 지방은 UV-detector (SPD- 10A, Shimadzu, Japan)를 이용하여 검출 파장 205 nm에서 측정하였다.

지방 침착물 정량을 위한 표준곡선. 인공 누액 중 분석에 이용된 3종의 지방(oleic acid, O.A.M.E: oleic acid methyl ester 및 cholesterol 표준지방산)을 HPLC용 추출용액(acetonitrile : chloroform = 66.7 : 33.3, v/v)에 녹여 사용하였다. 농도를 아는 표준지방 용액 10 μL를 HPLC에 주입하고 추출된 지방의 양은 software를 이용하여 표준곡선(standard curve)을 만들고, 실험용 콘택트렌즈로부터 추출한 지방의 양을 정량하였다.

산소 투과도(oxygen transmissibility). 산소 투과도는 polarographic 방법으로 측정하였다.[18] PBS에 담긴 콘택트렌즈와 polarographic cell, cell mounting fixture를 항온 항습기(WL1000S, with lab 습도 95%, 온도 35 ºC)에 넣고 2시간 이상 평형 상태를 유지시킨 후, polarographic cell위에 렌즈를 올려 놓았다. 렌즈는 nylon mesh를 씌운 cell mount ting fixture로 고정하였고, permeometer(Model 201T O_2 permeometer, CHREATECH, USA)를 이용하여 전류 값을 측정했다. 렌즈의 중심두께는 압력 다이얼 게이지(Litematic: Model VL-50, Mitutoyo)를 이용하여 측정하였다. 동일한 재질을 동일 조건에서 렌즈 전류 값을 3번씩 반복 측정하였고, 모든 방법은 한국 식약청(MFDS: ministry of food and drug safety)의 기준에 따랐다.

가시광선 투과율(visible light transmittance). 수화 상태의 각 조건에 해당되는 렌즈 3개씩 선택하여 UV-visible spectrophotometer (Evolution 201, USA)를 이용하였고, 370 nm에서 790 nm까지의 파장 범위에서 각각의 렌즈에 대해 3번씩 측정한 후 평균하여 사용하였다.

표면관찰. 각 렌즈를 자연 건조시킨 후, SEM(Scanning Electron Microscope: Mira III, Czech)을 이용하여 시간 별 표면변화를 500X 확대 관찰하였다.

결 과

HPLC를 이용한 지방의 분리

본 실험조건에 따라 분리된 Oleic acid와 Oleic acid methyl ester 그리고 Cholesterol의 peak를 *Fig.* 1에 나타내었다. Oleic acid는 9.73분, Oleic acid methyl ester는 15.55분에, Cholesterol은 34.58분에 peak가 나타났다. 농도 별 Oleic acid, Oleic acid methyl ester 및 Cholesterol의 표준곡선과 선형상계수(linear correlation coefficient)는 *Fig.* 1와 같다. 실리콘 하이드로 겔 렌즈에 부착된 지방의 양은 표준 곡선을 이용하여 정량 하였다(*Table* 3).

1일차 ATS에 8시간 오염 후, 침착 된 지방의 총량은 1-day lens가 128 μg/lens, 3-days lens가 46 μg/lens이었다.

2일차 16시간 오염 시 1-day lens가 303 μg/lens, 3-days lens가 66 μg/lens이었고. 3일차 24시간 오염 시 1-day lens에서 353 μg/lens, 3-days lens에서 68 μg/lens이 침착 되었다.

분석 시 이용된 비극성 지방 3종의 전체 지방 침착량은 1-day lens가 3-days lens에 비해 많았다. 두 렌즈 모두 오염 후 1일차와 2일차에서 침착량의 증가가 컸고, 3일차의 침착물량의 변화는 거의 없었다(*Fig.* 2).

콘택트렌즈에 부착된 3종의 지방 침착물의 양은 콘택트렌즈 재질에 따라 다르게 나타났다(*Fig.* 3).

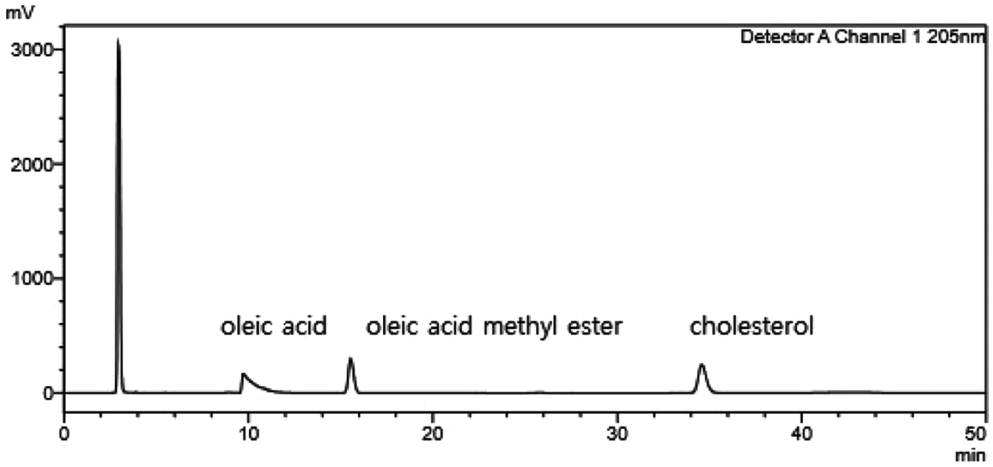

***Figure* 1.** Representative high-performance liquid chromatogram. 1mg/mL standard sample mixture of oleic acid, oleic acid methyl ester, and cholesterol having retention times of 9.73, 15.55, and 34.58 minutes, respectively.

***Table* 3.** Representative calibration curves for oleic acid, oleic acid methyl ester and cholesterol by using HPLC method

Standards	Calibration curve	R^2
Oleic acid	y = 3903.3x – 2109.8	0.9999
Oleic acid methyl ester	y = 3889.3x + 221222	0.9987
Cholesterol	y = 5151.9x – 53.5	0.9996

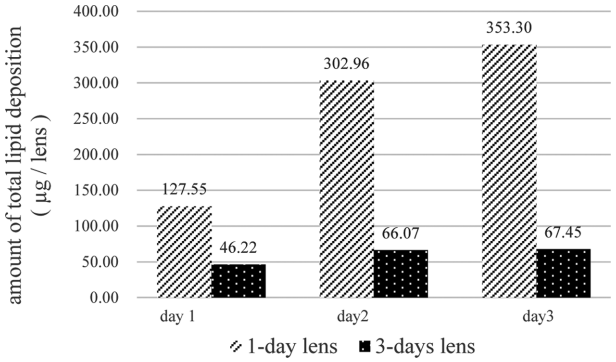

***Figure* 2.** Amounts of lipid deposited on 1-day lens (disposable lens) and 3-days lens by using HPLC method.

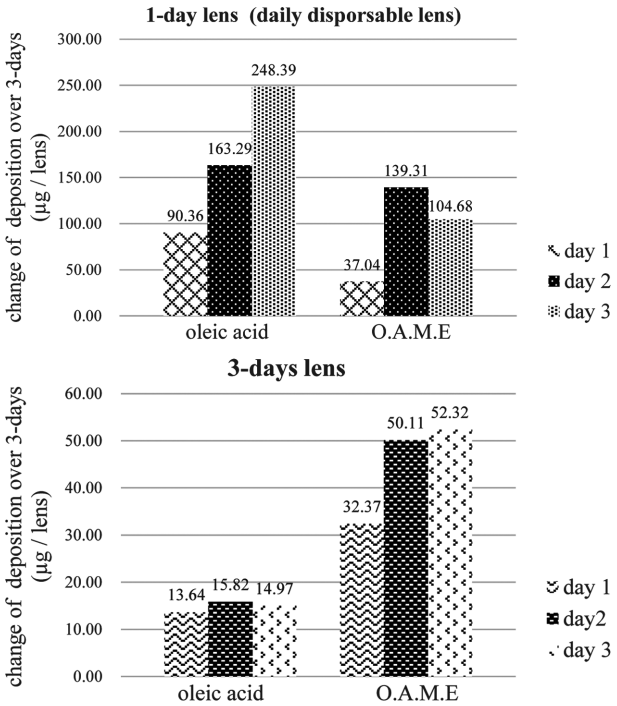

***Figure* 3.** Change amounts of lipids deposited on 1-day lens (disposable lens) and 3-days lens over 3-days by using HPLC method. O.A.M.E (oleic acid methyl ester).

1-day lens는 oleic acid의 침착이 가장 많았으며, 시간 경과(1일차, 2일차, 3일차)에 따라 증가를 보였다. 또, oleic acid의 침착량은 3-days lens와 비교하여 모든 시간에 있어 크게 증가함을 보였다(*Fig.* 4).

3-days lens는 oleic acid methyl ester의 침전이 가장 많았고, 시간 경과에 따라 침착량이 증가하였다. 3-days lens의 oleic acid methyl ester의 침착량은 1일차, 2일차에 증가가 컸으나, 3일차에서의 증가는 크지 않았다(*Fig.* 5).

두 렌즈 모두에서 cholesterol의 침착은 거의 없었으며 시간 변화에 따른 침착량의 차이는 나타내지 않았다(*Fig.* 6).

산소 투과도(oxygen transmissibility)

인공 누액 오염 전 1-day lens의 산소 투과도(Dk/t)는 81.0×10^{-9}(cm/sec)(ml O_2/ml × mmHg)이었으며, 이는 제조사에서 제시한 121×10^{-9}(cm/sec)(ml O_2/ml × mmHg)과 차이가 있었다. 이는 측정 기준이 다름에 따른 결과로 생각된다. 3-days lens는 제조사에서 제시한 산소 투과도는 없었으며, 인공 누액 오염 전 측정 산소 투과도는 13.23×10^{-9} (cm/sec)(ml O_2/ml × mmHg)으로 1-day lens에 비해 현저히

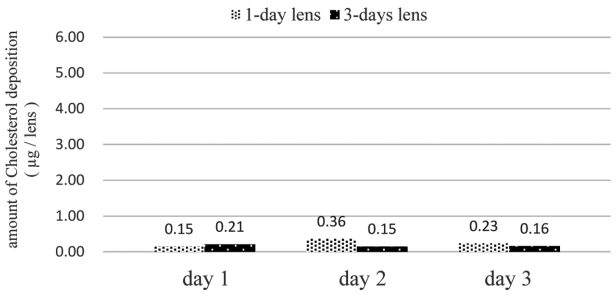

***Figure* 4.** Amounts of oleic acid deposited on 1-day lens (disposable lens) and 3-days lens by using HPLC method.

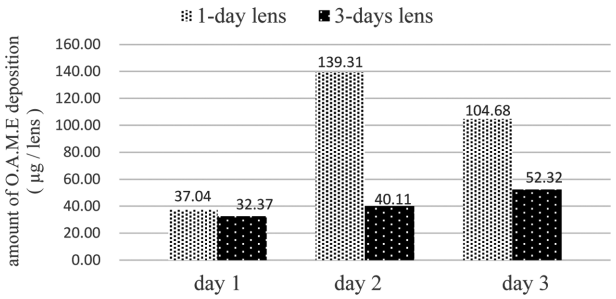

***Figure* 5.** Amounts of O.A.M.E(oleic acid methyl ester) deposited on 1-day lens (disposable lens) and 3-days lens by using HPLC method.

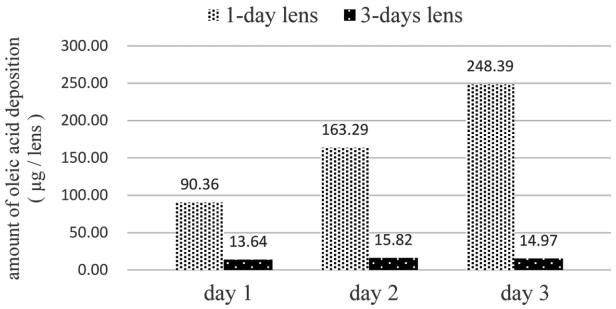

***Figure* 6.** Amounts of cholesterol deposited on 1-day lens (disposable lens) and 3-days lens by using HPLC method.

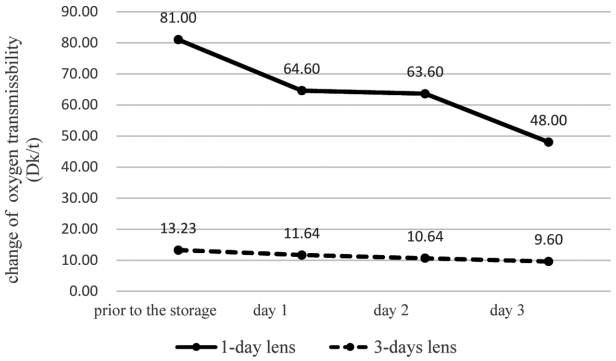

***Figure* 7.** The measured Dk/t (cm/sec) ($mlO_2/ml \times mmHg$) $\times 10^{-9}$ on 1-day lens (disposable lens) and 3-days lens.

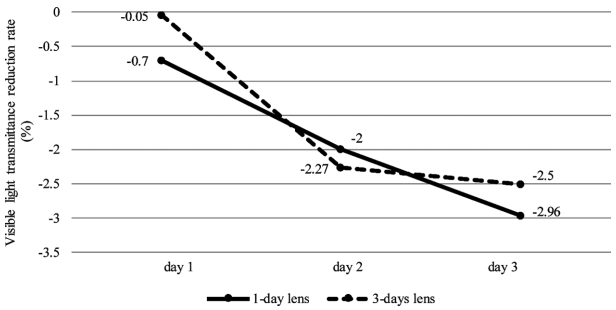

***Figure* 8.** The change of visible light transmissibility of 1-day lens and 3-day lens contact lens caused by over 3 days.

낮았다. 두 렌즈 모두 시간 경과에 따라 산소 투과도는 감소하였고, 1-day lens에서의 투과도 감소율이 컸으나 초기 산소 투과도가 3-days lens에서 현저히 낮았음에 따라 실험 마지막 3일 차시에서 1-day lens에서 보다 높은 산소 투과율을 나타내었다(*Fig*. 7).

가시광선 투과율(visible light transmittance)

본 연구에서 두 렌즈의 시간 변화에 따른 가시광선 투과율 변화를 *Fig*. 8에 나타내었다. 오염 전 최초 가시광선 투과율은 1-day lens가 97.21%, 3-days lens가 97.65%였다. 1-day lens의 경우 1일차 0.70% -2일차 2.00% -3일차 2.96% 감소되었고, 3-days lens는 1일차 0.50% -2일차 2.27% -3일차 2.50% 감소되었다. 두 렌즈 모두 시간 경과 별 가시광선 투과율이 점진적으로 감소하였으나, 3일 차 두 렌즈 모두 약 95% 이상의 가시광선 투과율을 유지하였다.

표면변화

표면 관찰 시 모든 시간에서 3-days lens에서 보다 많은 침착물이 확인되었다.

두 렌즈 모두 시간 경과 별 침착물이 증가하였으나, 렌즈 표면에 균일하게 생성이 되지는 않았다. *Fig.* 9에 보이는 흰색 반점은 지방과 단백질이 결합된 형태로 보여 진다.[19–21]

고찰 및 결론

실리콘 하이드로 겔 렌즈는 높은 산소 투과율을 가지나, 실록산(siloxane)부분이 물질 표면으로 이동하면서 소수성의 표면을 형성하기 때문에 렌즈 표면에 단백질 침착은 극히 적지만 지방이 많이 부착되고 습윤성이 떨어질 수 있다.[21] 이를 극복하기 위하여 상용화된 실리콘 하이드로 겔 렌즈에는 다양한 표면처리를 이용하여 재료의 습윤성을 향상시키고, 표면 침착을 줄이기 위한 노력을 하고 있다.[22–24] 그러나 이러한 처리에도 불구하고 실리콘 하이드로 겔 렌즈는 지방 침착이 많은 것으로 알려져 있다.[22,23]

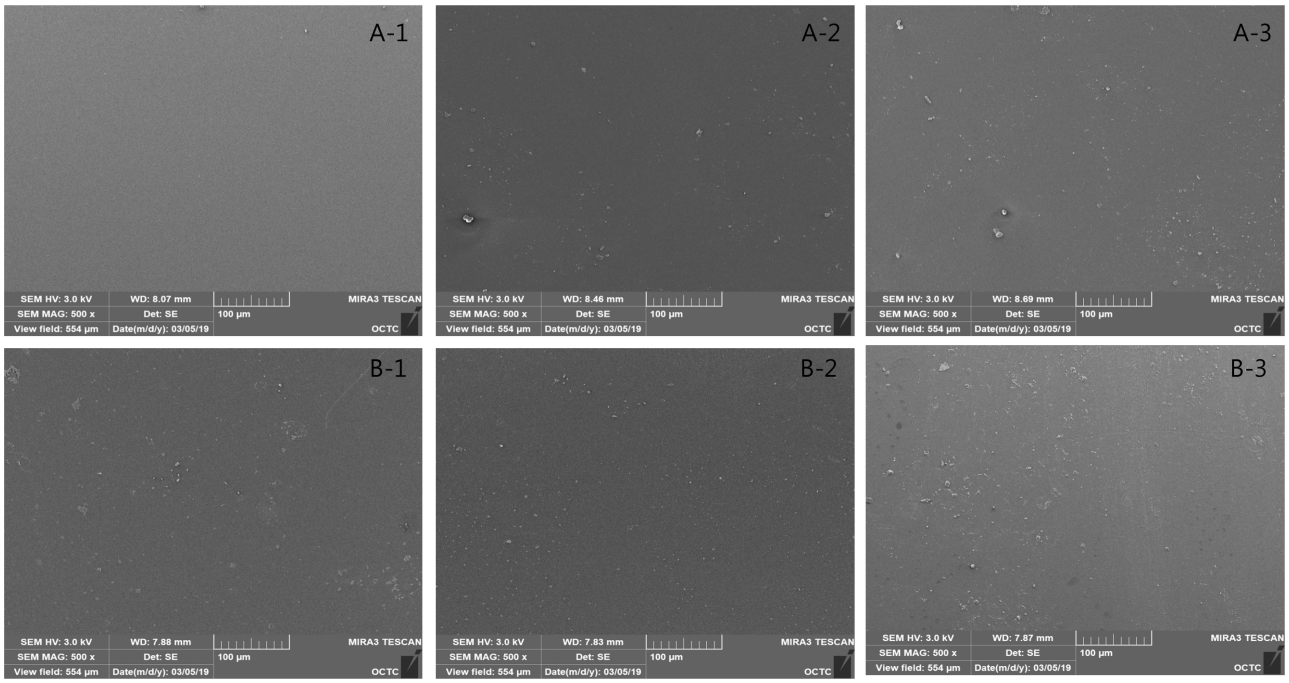

***Figure* 9.** Random deposit spots on the surface of fouled lens by over 3 days. Scanning electron micrographs (SEM) (magnification X 500). upper image indicates surface deposition 1-day lens. A-1: 1-day lens: 1day (1-day: 8h), A-2: 1-day lens: 2days (2days: 16h), A-3: 1-day lens: 3days (3days: 24h). lower image indicates surface deposition 3-days lens. B-1: 1-day lens: 1day (1-day: 8h), B-2: 1-day lens: 2days (2days: 16h), B-3: 1-day lens: 3days (3days: 24h).

Botempo and Rapp[25,26]의 연구에서 FDA 분류 상 고함수, 비이온성(Group II)의 렌즈가 지질의 흡착이 가장 크고, 저함수, 이온성(Group III)의 렌즈에서 지질의 흡착이 가장 적은 것으로 보고하고 있다. 이 후, Jones *et al.*[27]의 연구에서도 동일한 결과로 위를 지지하고 있다. 또, 매일 착용 콘택트렌즈보다 연속 착용 콘택트렌즈에서 더 많이 부착된다.[29–31] 지방 침착물은 건조감, 이물감의 원인이 되며 침착물이 증가하면 광 투과율의 저하로 시력 흐림의 증상이 나타날 수 있다. 따라서 지방이 많이 부착되는 실리콘 하이드로 겔 렌즈는 착용 후 시간이 경과됨에 따라 시력의 질이 처음보다 저하된다고 보고되었다.[30,31]

본 연구에 이용된 3종의 비극성 지질의 침착량은 1-day lens에 비해 3-days lens에서 현저히 적었고, 3-days lens 지방 침착량은 종래의 하이드로겔 소재의 침착량과 유사한 결과를 보였다.[32,33] 두 렌즈 모두 렌즈 개봉 후 처음 1일차와 2일차에서 지방 침착의 증가가 컸으나, 3일차의 증가량은 미미하였다. 이는 렌즈가 공기와의 접촉 시 지방 침착의 증가가 크고,[34] 2일 이후 침전이 포화상태에 이른 것으로 생각된다. 두 렌즈 모두 전체 지방 침착은 시간이 경과됨에 따라 점진적으로 증가하였으나, 3종의 지방이 모두 점진적인 증가 양상을 보이지는 않았다. 지방 침착량의 불균일성은 함수율이 기인할 수 있으며,[32] 침착 시 지방과 단백질의 상호작용에 의해 그 양이 다른 결과를 보일 수 있다.[26,27,32,35–37]

산소 투과도의 변화는 1-day lens에서 감소 변화량이 컸으나, 최초 1-day lens가 현저히 높은 산소 투과도를 가졌으며 3일차 산소 투과도 비교 시 1-day lens가 48.0×10^{-9}(cm/sec)(ml O_2/ml × mmHg), 3-days lens가 9.6×10^{-9}(cm/sec)(ml O_2/ml × mmHg)으로 1-day lens가 보다 높은 산소 투과도를 가졌다. *Fig.* 8 산소 투과도의 변화는 렌즈의 재질 특성에 따라 정도의 차이를 보이며, 침착량의 증가에 따라 투과도가 감소된다.

Bontempo와 Rapp[25,26]는 ATS에 지질과 단백질이 모두 존재할 때 콘택트렌즈가 단백질 단독 또는 지질 단독에 노출되었을 때와는 다른 증착 패턴을 발견했다.[26,27,32,35–37] 예를 들어, 그들은 그룹 IV(고함수, 이온성) 렌즈에 단백질이 침착됨에 따라 렌즈의 표면의 친수성이 저하되며, 이것이 지질 침착을 점진적으로 증가시킨다고 하였다. 반대로 비극성 지질이 렌즈에 결합될 때, 표면은 보다 소수성이 되어 단백질 침착이 감소하게 된다고 보고하였다.[25,26] *Fig.* 9의 결과는 두 재질의 차이에 따른 단백질과 지방의 협동 작용결과로 보인다. 즉, 1-day lens는 보다 소수성 재질을 가짐에 따라 비극성 지질의 침착이 활발하고, 이에 단백질의 침착이 감소된 결과로 보아 진다. 상대적으로 3-day lens는

재질 내 실록산의 함유 비율이 낮은 것으로 생각되며, 이에 표면 재질의 소수성 정도가 덜하고, 따라서 비극성의 지방 침착량은 적으며 상대적으로 단백질의 침착이 활발하게 일어난 결과로 보인다.[19–21]

두 렌즈 모두 시간경과 별 가시광선 투과율의 점진적 감소를 보였으나, 두 렌즈 간의 감소율 차이는 크지 않았으며 실험 종료일 3일차에서 두 렌즈 모두 약 95%이상의 가시광선 투과율을 가짐으로써 시각적인 불편함은 없을 것으로 생각된다.

따라서 두 렌즈에 있어 지방 침착량의 차이 및 침착 경향성, 최초 산소 투과도의 결과로 렌즈를 구성하는 모노머 차이에서 기인된 것으로 생각이 된다. 3일차 가시광선 투과율의 결과 1-day lens와 3-days lens의 차이는 찾아볼 수 없었으며, 오히려 표면 관찰 시 3일차 모두에서 1-day lens가 보다 깨끗한 표면을 유지하였다. 이에 1-day lens와 비교하여 3-day lens에 있어 시간 경과 별 안전성의 유의한 우수성은 찾아볼 수 없었다.

Acknowledgments. 이 결과물은 2019년 대구가톨릭대학교 교내연구비 지원에 의한 것임.

REFERENCES

1. Papas, E. *Exp. Eye. Res.* **1998**, *67*, 25.
2. Papas, E. *Cont. Lens Anterior. Eye.* **2014**, *37*, 394.
3. Mishima, S. *Ophthalmology* **1982**, *89*, 525.
4. Iskeleli, G.; Karakoc, Y.; Ozkok, A. et al. *Int. J. Ophthalmol.* **2013**, *6*, 666.
5. Sheng, H.; Bullimore, M. A. *Cornea* **2007**, *26*, 520.
6. Amann, J.; Holley, G. P.; Lee, S. B. et al. *Am. J. Ophthalmol.* **2003**, *135*, 584.
7. Wiffen, S. J.; Hodge, D. O.; Bourne, W. M. *Cornea* **2000**, *19*, 47.
8. Dillehay, S. M.; Miller, M. B. *Eye. Cont. Lens*. **2007**, *33*, 272.
9. Contact Lens Spectrum **2019**, *34*, 26.
10. Butovich, I. A. *J. Lipid Res.* **2009**, *50*, 501.
11. Butovich, I. A.; Wojtowicz, J. C.; Molai, M. *J. Lipid Res.* **2009**, *50*, 2471.
12. Borchman, D.; Foulks, G. N.; Yapert, M. C. et al. *Chem. Phys. Lipids* **2007**, *147*, 87.
13. Shine, W. E.; McCulley, J. P. *Curr. Eye. Res.* **2003**, *26*, 89.
14. Seifert, P.; Spitznas, M. *Graefes. Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* **1996**, *234*, 648.
15. Heynen, M.; Lorentz, H.; Srinivasan, S. et al. *Optom. Vis. Sci.* **2011**, *88*, 1172.
16. Kang, Y. S.; Lee, K. J. *Korean J. Vis. Sci.* **2010**, *12*, 127.
17. Maziarz, E. P.; Stachowski, M. J.; Liu, X. M. et al. *Eye. Contact. Lens.* **2006**, *32*, 300.
18. Fatt, I.; Chaston, J. *Int. Contact. Lens. Clin.* **1985**, *9*, 76.
19. Peng, C. C.; Fajardo, N. P.; Razunguzwa, T. et al. *Optom. Vis. Sci*. **2015**, *92*, 768.
20. Teichroeb, J. H.; Forrest, J. A.; Ngai, V.; T. et al. *Optom. Vis. Sci*. **2008**, *85*, 1151.
21. Sweeney, D. F. *Silicone Hydrogels: Structure, Properties and Behaviour*, 2nd ed.; Butterworth Heinemann: Oxford, U. K., 2004; p 1.
22. Nicolson, P. C.; Vogt, J. *Biomaterials* **2001**, *22*, 3273.
23. Grobe, G. L. *Contact Lens Spectrum* **1999**, *14*, 14.
24. Lopez-Alemany, A.; Compan, V.; Refojo, M. F. *J. Biomed. Mater. Res.* **2002**, *64*, 319.
25. Bontempo, A. R.; Rapp, J. *Clao. J.* **2001**, *27*, 75.
26. Bontempo, A. R.; Rapp, J. *Curr. Eye. Res.* **1996**, *16*, 776.
27. Jones, I.; Evans, K.; Sariri, R. et al. *Clao. J.* **1997**, *23*, 122.
28. Maissa, C.; Franklin, V.; Guillon, M. et al. *Optom. Vis. Sci.* **1998**, *75*, 697.
29. Jones, L.; Mann, A.; Evans, K.; et al. *Optom. Vis. Sci.* **2000**, *77*, 503.
30. Jang, J. K.; Park, I. J.; Shin, H. S. *Korean. J. Vis. Sci.* **2014**, *16*, 227.
31. Park, M. J.; Kwon, H. L.; Choi, S. A. et al. *J. Korean. Oph. Opt. Soc.* **2013**, *18*, 429.
32. Carney, F. P.; Nash, W. L.; Sentell, K. B. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* **2008**, *49*, 120.
33. Jones, L.; Senchyna, M. accessed on 15 Aug, 2019. (http://www.siliconehydrogels.org/editorials/previous_editorial_jones_senchyna.asp.)
34. Holly, I. L. Master Thesis, Vision Science and Chemistry, Waterloo University, 2006.
35. Franklin, V.; Tighe, B. *Optom. Vis. Sci*. **1996**, *73*, 16.
36. Holly, L.; Miriam, H.; Lise, M. K.; et al. *Mol. Vis*. **2011**, *17*, 3392.
37. Rebeix, V.; Sommer, F.; Marchin, B. et al. *Biomaterials* **2000**, *21*, 1197.