



Effects of Particulate Matter Concentration on Wearing Soft Contact Lenses

Se Eun Lee, Youngeun Bae, Ji Yun Park, So Ra Kim, and Mijung Park*

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

(Received July 31, 2018; Revised August 17, 2018; Accepted September 17, 2018)

Purpose: This study was aimed to investigate the changes of soft contact lens parameters, tear film stability and subjective symptoms according to the concentration of the particulate matter. **Methods:** 20 eyes wore etafilcon A one-day disposable soft contact lenses for 8 hours on both usually and poor days of concentration of the particulate matter. The non-invasive tear film break up time (NIBUT) was measured before and after wearing the soft contact lens on each day and the parameters such as total diameter, back optic zone radius, center thickness, refractive power, visible light transmittance, oxygen permeability, and subjective symptoms were measured. **Results:** NIBUT and overall subjective symptoms score were significantly different according to the concentration of the particulate matter. The degrees of change in parameters of the soft contact lens were little and were not significantly different. Changes in overall subjective symptoms, which were greater on the day when the particulate matter density was high, were more affected by systemic symptoms than by the symptoms of eye discomfort. **Conclusions:** This study showed that the particulate matter concentration affects the related symptoms when wearing one-day disposable soft lenses. It is suggested that further studies on the problems caused by repeated exposure to the particulate matter for a long period of time and the difference according to the soft contact lens material need to proceed in order to safely wear soft contact lens in the particulate matter environment.

Key words: Particulate matter, Soft contact lens parameter, Tear film stability, Subjective symptom

서 론

최근 문제가 되는 미세먼지는 일반적인 먼지들보다 크기가 작아 호흡기를 통해 폐, 기관지 등에 침투하여 건강에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있다. 또한 세계보건기구(WHO) 산하 국제 암연구소(IARC)는 미세먼지를 사람에게 암을 일으키는 것으로 확인된 1군 발암물질로 지정하였다.^[1]

먼지는 입자의 지름에 따라 50 μm 이하인 총 먼지(TSP, total suspended particles)와 10 μm 이하인 미세먼지(PM, Particulate Matter)로 구분한다. 미세먼지는 지름이 10 μm 보다 작은 미세먼지(PM₁₀)와 지름이 2.5 μm 보다 작은 초미세먼지(PM_{2.5})로 나뉜다.

미세먼지의 발생원은 자연적인 것과 인위적인 것으로 나뉜다. 자연적 발생원은 흙먼지, 바닷물에서 생기는 소금, 식물의 꽃가루 등이 있고 인위적 발생원은 화석 연료를 태울 때 생기는 매연, 자동차 배기가스, 공장과 건설 현장에서 발생하는 연기 등이 있다.^[2] 미세먼지는 계절별로 큰 차이를 보이는데 봄에는 이동성 저기압과 건조한 지표면

의 영향으로 황사를 동반한 고농도 미세먼지가 발생할 가능성이 높고 난방 등 연료 사용이 증가하는 겨울이 되면 다시 미세먼지 농도가 높아질 수 있다. 비가 많이 내려 대기 오염 물질이 빗방울에 씻겨 제거되는 여름과 다른 계절에 비해 기압계의 흐름이 빠르고 지역적인 대기의 순환이 원활한 가을에는 미세먼지의 농도가 상대적으로 낮다. 서울의 경우 2012~2014년 기준 계절별 미세먼지(PM₁₀) 농도는 30~60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 겨울과 봄에 미세먼지 농도가 높았고 여름과 겨울에는 상대적으로 낮았다. 환경부에서 발표한 “2017년 대기환경 월보”^[3]에 따르면 PM_{2.5}를 기준으로 12월 한 달 동안 서울 25개 측정소에서 114번의 대기 환경오염 기준 초과가 발생하여 대기 오염도가 심각한 수준에 달하고 있다. 미세먼지 농도는 한국환경공단에서 제시한 기준이 있으나 우리나라의 미세먼지 허용치는 세계보건기구(WHO) 권고 기준에 미치지 못하고 있어 아직 미세먼지에 대한 문제의 심각성을 낮게 인식하게 만들고 있다.

미세먼지가 눈에 미치는 영향으로는 알레르기성 결막염, 각막염, 안구건조증 등이 보고된 바 있다.^[4] 그 외에 미세

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

본 논문의 일부내용은 2018년도 한국안광학회·대한시과학회 공동 하계학술대회에서 포스터로 발표되었음.

먼지에 함유된 중금속은 안점막을 통해 흡수될 수 있기 때문에 소프트콘택트렌즈(이하 소프트렌즈)에 미세먼지 성분의 흡착은 인체에 악영향을 미칠 수 있다. 미세입자들은 먼지 핵에 여러 종류의 오염물질이 엉겨 붙어 구성된 것으로 호흡기를 통하여 인체 내에 유입될 수 있다. 눈의 경우 미세먼지가 높은 환경에 반복적으로 안구가 노출될 경우 결막의 방어 기전이 약화돼 안구 표면 손상이 정상 안구보다 심해지고 안구 표면은 물론 경부 림프절에도 알레르기 염증 반응을 유발하는 것으로 밝혀졌다.^[5] 또한 미세먼지의 노출은 감마인터페론 등 염증 사이토카인 수치가 안구 표면과 경부 림프절에서 동시에 증가하는 것으로 밝혀졌고 미세먼지에 노출된 안구에서는 뮤신의 분비가 지속되지 못하고 감소해 안구의 방어 기능을 저하시켜 안구 표면의 손상이 발생하는 것으로 나타났다.^[6-8] 미세먼지의 지속적인 노출은 알레르기성 결막염, 각막염, 안구건조증 등을 유발시키고 그 외에도 알레르기성 비염, 기관지염, 폐기종, 천식을 유발시킨다.^[5] 이와 같은 미세먼지에 대한 각별한 주의와 관심에도 불구하고 아직까지 미세먼지가 소프트렌즈에 영향을 끼치는지에 대한 연구는 매우 미비하다.^[9-11]

따라서 본 연구에서는 미세먼지가 세계보건기구(WHO) 기준으로 보통인 날과 나쁜 날에 하루 착용 소프트렌즈를 착용하고 야외 활동을 하였을 때 소프트렌즈 착용자의 눈물막 안정성, 자각증상 및 렌즈 파라미터 변화를 확인하여 미세먼지가 소프트렌즈 착용자에게 미치는 영향에 대해 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구대상 및 실험 조건

본 실험은 안과적 수술 경험이 없고 안질환, 전신 질환이 없으며 난시가 -2.50 D 이하인 소프트렌즈 착용 경험이 있는 20대(평균연령 21.1±1.6세) 20안을 대상으로 하였다(남 4안, 여 16안, 총 10명). 실험에 사용한 소프트렌즈

는 etafilcon A 재질의 1-day Acuvue Moist(Table 1)의 소프트렌즈로 개방형 자동 안굴절력계(Huvitz, HRK-8000A, Korea)를 이용하여 3회 반복 측정된 후 각각의 평균값을 취하였고 측정된 굴절이상 값으로 제조사에서 제시한 도수 환산표에 따라 처방하였다.

세계보건기구(WHO) 기준으로 미세먼지(PM₁₀) 및 초미세먼지(PM_{2.5})의 농도가 보통인 날과 나쁜 날에 각각 8시간씩 소프트렌즈를 착용하였다(Table 2, 3).^[12,13]

Table 1. The specification of soft contact lenses used in the present study

Brand name	1-Day Acuvue Moist
Manufacturer	Acuvue
Material	Etafilcon A
Wearing cycle	Daily disposable
Diameter (mm)	14.2
Base curve (mm)	8.5
Central thickness (mm)	0.084
Water content (%)	59
Dk/t (cm ² /sec) (mlO ₂ /ml × mmHg)	33
FDA material group	4
UV blocking	Class 2 UV-B 95%, UV-A 70% more blocking

Table 2. Based on the particulate matter of the World Health Organization and the Korea Environmental Cooperative

Type of dust	Standard	Good	Usually	Poor	Very bad
PM ₁₀ (µg/m ³)	Korea	0~30	31~80	81~150	151~
	WHO	0~30	31~50	51~100	101~
PM _{2.5} (µg/m ³)	Korea	0~15	16~35	36~75	76~
	WHO	0~15	16~25	26~50	51~

Table 3. Particulate matter measurements

		Poor	Usually
Measuring day		2017. 05. 12	2017. 05. 18
Particulate matter measurement	Density (mg/m ³)		
	PM ₁₀	78 ^[10]	44 ^[10]
	PM _{2.5}	46 ^[10]	25 ^[10]
Average temperature (°C)		19.01 ^[11]	21.80 ^[11]
Relative humidity (%)		73.83 ^[11]	54.67 ^[11]
Soft contact lens wear	Location	Seoul Institute of History, Unjung-dong, Songpa-gu, Seoul, Korea	Community Center, Sanggye 2-dong, Nowon-gu, Seoul, Korea
Wearing time(hr)		8	8

2. 실험방법

1) 눈물막 안정성 평가

눈물막 안정성은 비침습성 눈물막 파괴시간(non-invasive tear film break up time, 이하 NIBUT)을 측정하여 알아보았다. 수동 각막곡률계(Ophthalmometer, Topcon, Japan)를 이용하여 렌즈 착용 전 NIBUT를 측정하고, 렌즈 착용 후 모든 피검자들이 동일한 장소에서 야외활동을 8시간이 경과된 후에 다시 NIBUT를 측정하였다. 모든 측정값은 3회 반복 측정하여 평균값을 취하였다.

2) 소프트렌즈 파라미터 측정

(1) 직경과 곡률반경

렌즈 표면의 물기를 완전히 제거한 뒤 눈금자가 있는 편평한 받침대에 렌즈를 올려두고 세극등현미경(SL-7E, TOPCON, Japan)을 이용해서 사진을 찍어 파일로 변환시켰다. 그 후 포토샵(photochop CS, Adobe, USA)으로 길이를 측정하고 비례식을 이용하여 전체 직경을 측정하였고 전체 직경과 Sag 높이를 측정하여 곡률반경을 계산하였다.

(2) 중심두께

렌즈의 중심두께는 pH 7.4의 0.01 M 인산완충식염수에 렌즈를 넣고 항온습기(WTH-E 155, Wisecube, Korea 온도 35°C, 습도 95%)에 30분 동안 수화시킨 뒤 science wiper로 렌즈 표면의 물기를 제거하고 electronic thickness gauge(Model ET-3, Chreatech, USA)를 이용하여 측정하였다.

(3) 굴절력

렌즈미터(CL-100, Topcon, Japan)를 이용하여 단위는 0.01 D 단계로 설정하였다. Science wiper를 이용하여 측정 렌즈의 물기를 제거한 뒤 렌즈미터(CL-100, Topcon, Japan)의 콘택트렌즈 지지대 위에 올려놓고 오목한 부분이 위쪽으로 향하게 하여 후정점 굴절력을 측정하였다.

(4) 가시광선투과율

분광광도계(Mega-U600, Scinco, Korea)를 사용하여 소프트렌즈의 UV-A 투과율, UV-B 투과율, 가시광선 투과율을 측정하였다.

(5) 산소투과율

pH 7.4의 0.01 M 인산완충식염수에 렌즈를 넣고 항온습기(WTH-E 155, Wisecube, Korea, 온도 35°C, 습도 95%)에 최소 4시간 이상 평형 상태를 유지시킨 뒤 수정된 polarographic cell 및 O₂ permeameter (Model 201T, createch, USA)을 사용한 폴라로그래픽(polarographic) 방법을 사용

하여 소프트렌즈의 산소투과율을 측정하였다.^[14]

3) 소프트렌즈 착용 후 나타나는 자각증상 증상^[15]

소프트렌즈 착용 중의 자각증상 평가를 실시하였다. 평가항목은 총 13개로 눈의 피로, 눈의 통증, 시야의 흐림, 권태감, 어지러움 등 이었으며 증상의 정도와 빈도는 CCLRU grading scale에 따라 4점 척도(점수가 높을수록 심함)로 구분하였다(Appendix 1).

4) 통계처리

미세먼지 노출전후에 따른 변수들을 비교하기 위해 대응표본 t검정을 사용하였고, 대조군과 미세먼지 농도에 따른 두 가지 그룹의 비교를 위해 일원배치 분산분석을 실시하였다. P값이 0.05 이하일 경우 통계적으로 유의한 차이가 있다고 판단하였다(SPSS 18.0 for window).

결과 및 고찰

1. 눈물막 안정성 평가

소프트렌즈 착용 전의 NIBUT를 100%로 하여 미세먼지 노출 후의 NIBUT 증감을 비교해본 결과 미세먼지의 농도가 보통인 날에는 82.05±42.10%, 농도가 나쁜 날은 64.52±24.07%로 미세먼지 농도에 따라 NIBUT의 차이가 통계적으로 유의하게 나타났다(p=0.023, Fig. 1).

본 연구에서 피검자들은 동일한 재질의 일일 착용 소프트렌즈를 착용하였고, 동일한 장소에서 동일한 시간동안 야외 활동을 하여 미세먼지에 노출되는 환경을 동일하게 해주었다. 미세먼지의 농도가 나쁜 날일 때에 NIBUT의 값의 감소량이 더 큰 것으로 보아 미세먼지에 의해 눈물

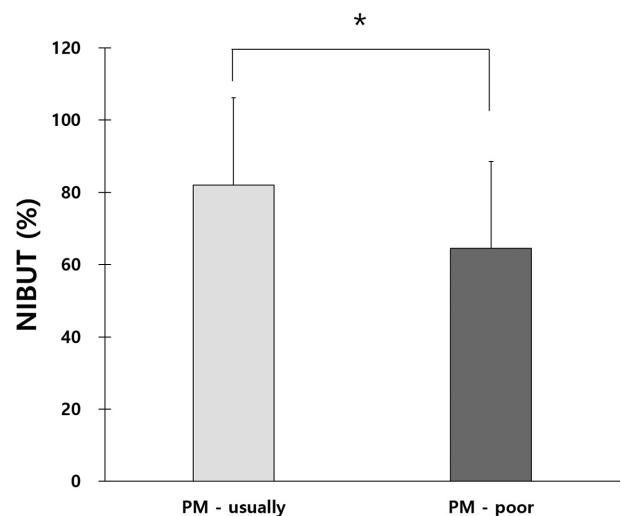


Fig. 1. Change of relative NIBUT according to the concentration of PM.

막의 안정성이 악화된다는 것을 알 수 있다. NIBUT의 감소는 소프트렌즈 표면에 부분적으로 마름이 발생하였다는 것을 의미하여 이로 인해 눈물막이 빨리 깨져 건조감이나 이물감 같은 자각증상을 초래할 수 있게 된다.^[16,17] 소프트렌즈의 재질에 따른 FDA 분류에 따라 각 그룹에 포함된 렌즈의 탈수에 관한 Ramamoorthy 등^[18]의 연구에 따르면 저함수 렌즈에 비해 고함수 렌즈는 3.13% 탈수가 더 많이 일어나며 비이온성 렌즈에 비해 이온성 렌즈는 1.84% 더 탈수가 일어난다고 하였다. 본 연구에서 사용한 소프트렌즈는 FDA 4 그룹(고함수 이온성)의 etafilcon A 재질의 소프트렌즈이므로 다른 그룹의 렌즈에 비해 공기 중에 노출되었을 때 탈수가 더 많이 발생하였을 것으로 예상된다.

NIBUT는 소프트렌즈의 함수율이나 표면의 습윤성 등의 변화뿐만 아니라 중심두께, 전체직경, 곡률반경 등과 같은 소프트렌즈의 형태 변화에 의해서도 영향을 받게 된다. 따라서 눈물막 안정성의 변화가 미세먼지의 침착에 의한 소프트렌즈 표면의 변화와 같은 직접적인 원인에 의해서 뿐만 아니라 미세먼지에 의한 소프트렌즈 파라미터의 변화가 복합적으로 작용해서 일어날 가능성도 배제할 수 없다.^[19]

2. 소프트렌즈 파라미터의 변화

미세먼지에 노출되지 않은 소프트렌즈의 직경을 100%로 하여 미세먼지 노출 후의 직경의 증감을 비교해본 결과 미세먼지의 농도가 보통인 날은 100.62±3.86%, 농도가

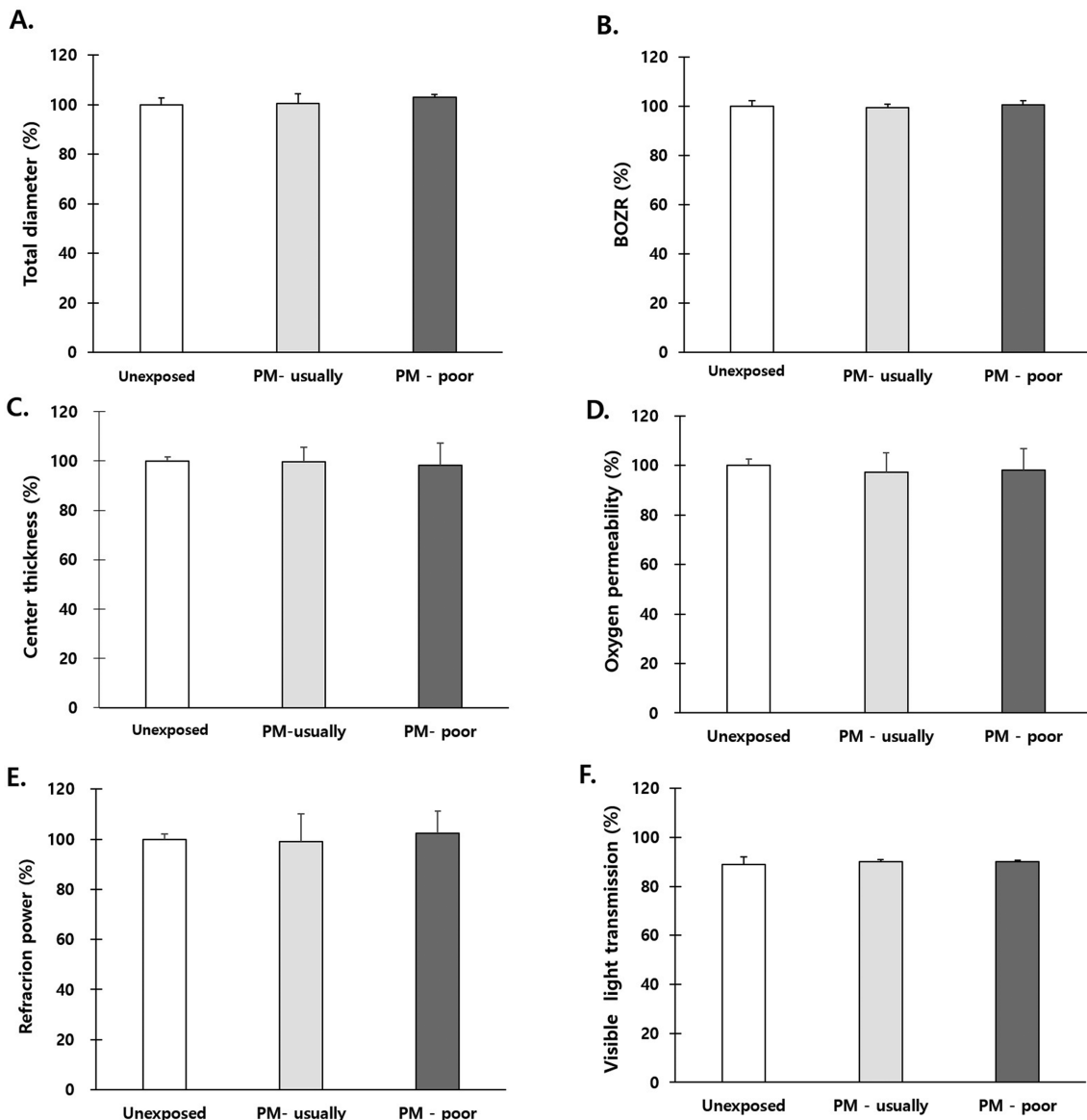


Fig. 2. Contact lens parameter before and after exposure to PM.

A. Total diameter, B. BOZR, C. Center thickness, D. Oxygen permeability, E. Refraction power, F. Visible light transmission
 Note) A~E : Relative values

나쁜 날은 $103.06 \pm 1.23\%$ 로 노출되지 않은 렌즈와 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p=0.358$, Fig. 2A).

미세먼지에 노출되지 않은 소프트렌즈의 곡률반경을 100%로 하여 미세먼지 노출 후의 곡률반경의 증감을 알아보았다. 미세먼지의 농도가 보통인 날은 $99.35 \pm 0.37\%$ 이고 미세먼지의 농도가 나쁜 날은 $100.62 \pm 2.64\%$ 로 노출 전 후 및 농도에 따라 곡률반경이 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p=0.762$, Fig. 2B).

미세먼지에 노출되지 않은 소프트렌즈의 중심두께를 100%로 하여 미세먼지 노출 후의 중심두께의 증감을 알아보았다. 미세먼지의 농도가 보통인 날은 $99.77 \pm 5.73\%$ 이고 미세먼지의 농도가 나쁜 날은 $98.43 \pm 8.77\%$ 로 노출 전 후 및 농도에 따라 중심두께가 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p=0.789$, Fig. 2C).

미세먼지에 노출되지 않은 소프트렌즈의 산소투과도 값을 측정하고 그 값을 100%로 하여 미세먼지 노출 후에 소프트렌즈 산소투과도의 증감을 알아보았다. 미세먼지의 농도가 보통인 날은 $97.39 \pm 7.60\%$ 이고 미세먼지의 농도가 나쁜 날은 $98.19 \pm 8.50\%$ 로 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p=0.917$, Fig. 2D).

미세먼지 노출되기 전에 소프트렌즈의 굴절력 값을 기본 값(100%)로 하여 미세먼지 노출 후에 굴절력의 증감을 알아보았다. 미세먼지의 농도가 보통인 날은 $99.00 \pm 11.17\%$ 이고 미세먼지의 농도가 나쁜 날은 $102.46 \pm 8.73\%$ 로 통계적으로 유의하지 않은 차이였다($p=0.592$, Fig. 2E).

미세먼지에 노출되지 않은 소프트렌즈의 가시광선 투과율이 $89.00 \pm 3.04\%$ 이었으며 미세먼지의 농도가 나쁜 날에 $89.99 \pm 0.79\%$, 미세먼지 농도가 보통인 날에는 $90.13 \pm 0.71\%$ 로 통계적으로 유의하지 않은 차이였다($p=0.751$, Fig. 2F).

미세먼지에 노출되지 않았던 소프트렌즈에 비해 미세먼지의 농도가 보통인 날과 미세먼지의 농도가 나쁜 날에 착용한 소프트렌즈에서 직경과 곡률반경은 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 본 연구에서는 통계적으로 유의한 정도의 렌즈의 형태 변화는 관찰되지 않았으나 소프트렌즈의 형태 변화에 관련된 선행 연구에 따르면^[20] 인공누액에 노출된 소프트렌즈는 칼슘이온 등의 부착에 의해 렌즈의 형태가 변형되었다. 렌즈 재질에 따라 미세먼지에 포함되어 있는 이온성 물질이 렌즈 폴리머와 결합하여 렌즈의 형태 변화가 일어날 가능성이 있으며 이와 관련된 추후 연구가 필요할 것으로 생각된다.

소프트렌즈의 형태 변화와는 상관없이 재질 자체나 코팅의 변화와 관계있는 가시광선 투과율을 측정해 본 결과, 미세먼지에 노출되지 않은 렌즈와 미세먼지의 농도가 보통인 날의 렌즈, 미세먼지의 농도가 나쁜 날의 렌즈의 가시광선 투과율은 모두 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

하지만 미세먼지의 농도가 보통인 날에 비해 미세먼지의 농도가 나쁜 날 가시광선 투과율이 미미하게 감소하는 경향을 보였다.

산소투과도의 변화를 보았을 때, 미세먼지 농도가 보통인 날과 나쁜 날에 산소투과도의 유의한 차이는 없었다. 소프트렌즈에서 산소투과도는 함수율과 관련이 있다. 소프트렌즈 내부의 pore를 통과함으로써 물의 이동에 의해 산소투과도가 결정이 된다.^[21] 본 연구에서 미세먼지에 의해 산소투과도의 변화가 없다는 것은 산소투과도에 영향을 미칠 만큼의 내부 함수율 변화를 초래하지 않았다는 것을 의미한다.

굴절력의 변화를 보았을 때, 미세먼지 농도에 따라 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다. 콘택트렌즈에 부착된 미세먼지에 관한 Dong 등^[22]의 *in vitro* 선행연구에 따르면 24시간 동안 $PM_{2.5}$ 가 포함된 용액에 노출된 고풍수 비이온성의 소프트렌즈의 경우에도 미세먼지에 노출되지 않은 대조군에 의해 통계적으로 유의한 차이로 산소투과도 및 굴절률이 증가하거나 감소하지 않았다. 하지만 콘택트렌즈에 과량의 누액 침전물이 침착되었을 때 소프트렌즈가 스틱(steep)해지고 굴절력의 변화가 초래되었다는 선행 연구에서 볼 수 있듯이,^[20] 이온성 물질이 포함된 미세먼지에 더 장시간 동안 노출되어 소프트콘택트렌즈의 형태변화가 더 크게 유발된다면 굴절력이 영향을 받을 가능성을 배제할 수 없다.^[23]

3. 자각증상의 변화

실험 후 자각증상의 전체 항목에 대한 평가 점수를 기준으로 미세먼지 농도에 따른 각 항목 별 평가 점수 차이를 분석하였다. 미세먼지의 농도가 보통인 날의 전체적인 자각증상의 평균 점수는 9.84 ± 7.71 점이고 미세먼지의 농도가 나쁜 날의 자각증상의 평균 점수는 12.25 ± 6.07 점

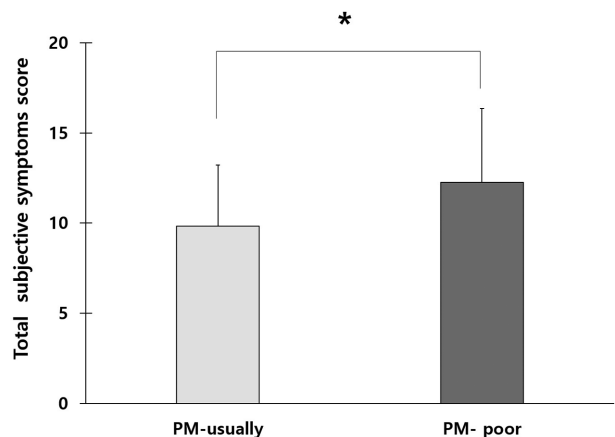


Fig. 3. Total subjective symptoms score according to concentration of PM.

로 통계적으로 유의하게($p=0.047$) 증가하였다(Fig. 3).

자각증상의 항목 중 안구를 제외한 신체의 전반적인 증상(전신적인 불편감, 피로, 권태감, 졸음, 두통, 어지러움, 집중하기 힘들, 메스꺼움)에 대한 항목에서 미세먼지의 농도가 보통인 날의 자각증상의 평균 점수는 4.08 ± 3.70 점이고 미세먼지의 농도가 나쁜 날의 자각증상의 평균 점수는 7.38 ± 3.34 점으로 통계적으로 유의하게 증가하였다($p=0.05$). 자각증상의 항목 중 눈의 불편 증상(눈의 피로, 눈의 통증, 눈의 긴장, 시야의 흐림, 초점 맞추기 어려움)의 경우 미세먼지의 농도가 보통인 날의 자각증상의 평균 점수는 5.75 ± 4.49 점이고 미세먼지의 농도가 나쁜 날의 자각증상의 평균 점수는 4.88 ± 3.14 점으로 큰 차이가 없었다.

각 항목 별 자각증상 점수 변화에서는 전신적인 불편감, 피로, 권태감, 졸음, 두통 항목이 차이를 나타내었다. 전신적인 불편감 항목에서는 미세먼지의 농도가 보통인 날은 0.33 ± 0.49 점이고 농도가 나쁜 날은 0.75 ± 0.89 점이다. 피로 항목에서는 미세먼지의 농도가 보통인 날은 1.08 ± 1.08 점이고 농도가 나쁜 날은 2.00 ± 0.76 점($p=0.045$)이다. 권태감 항목에서는 미세먼지의 농도가 보통인 날은 0.5 ± 0.67 점이고 농도가 나쁜 날은 1.00 ± 0.93 점이다. 졸음 항목에서는 미세먼지의 농도가 보통인 날은 0.75 ± 0.97 점이고 농도가 나쁜 날은 1.75 ± 0.71 점이다($p=0.017$). 두통 항목에서는 미세먼지의 농도가 보통인 날은 0.25 ± 0.45 점이고 나쁜 날은 0.50 ± 0.93 점이다. 통계적으로는 졸림과 피로 항목을 제외한 자각증상에서 유의한 차이가 없었다(Fig. 4).

전체적으로 미세먼지의 농도가 보통인 날에 비해 미세먼지의 농도가 나쁜 날의 자각증상이 증가하였다. 이러한 자각증상의 변화를 전신 증상과 눈 증상으로 분류하였을 때 전신 증상은 전체 자각증상과 마찬가지로 미세먼지의 농도가 나쁜 날 자각증상이 컸으나 눈 증상은 미세먼지의 농도에 따른 변화가 미미하여 미세먼지에 대한 자각증상의 증가는 전신 증상이 더 큰 요인이 됨을 알 수 있었다.

눈과 전신 증상의 대비되는 변화의 요인은 눈에 비해 전신에서 느끼는 불편감이 더 빠르게 나타났기 때문이라고 생각된다.

본 연구에서는 일일 착용 소프트렌즈를 착용하고 미세먼지가 보통인 날과 나쁜 날 8시간 동안 야외활동을 하였을 때의 눈물막 안정성, 렌즈 파라미터 변화 및 자각증상을 평가하였다. 이러한 조건에서도 크지 않지만 렌즈나 생리적인 반응의 변화가 나타났다. 만약 반복적으로 미세먼지가 노출되어 각막의 생리가 정상적이지 않은 상황이거나, 소프트렌즈가 일회용이 아닌 일정 기간 이상 착용 렌즈인 경우에는 미세먼지 성분의 축적에 의해 눈물막 안정성, 파라미터 변화, 자각증상 변화가 더 증폭될 수 있으리라 보여진다. 이것은 Eom 등^[5]이 미세먼지 농도가 높은 환경에 반복적으로 안구가 노출되면 결막의 방어 기전이 약화되어 안구 표면 손상이 정상 안구보다 심해지며 안구표면은 물론 경부 림프절에도 알레르기 염증반응을 유발하는한다고 밝힌 연구 결과에서 미루어 짐작할 수 있다. 그러나 Eom 등^[5]의 연구는 콘택트렌즈를 착용하지 않은 상태에서의 연구 결과이며, 각막의 생리에 영향을 미치는 콘택트렌즈 착용으로 인해 문제가 가속화될 가능성이 높으므로 이와 관련된 연구가 지속적으로 진행되어야 할 필요성이 있다고 사료된다.

결론

본 연구에서는 일일 착용 소프트렌즈 착용자에게 유발될 수 있는 미세먼지에 의한 소프트렌즈 착용시의 눈물막 안정성 및 자각증상 변화와 렌즈 자체의 파라미터 변화를 알아보았다. 미세먼지의 농도가 보통인 날에 비해 미세먼지의 농도가 나쁜 날에 소프트렌즈의 직경과 곡률반경, 가시광선 투과율, 산소투과도, 굴절력 변화는 미세먼지 농도에 따른 유의한 차이가 없었다. 미세먼지의 농도가 보통인

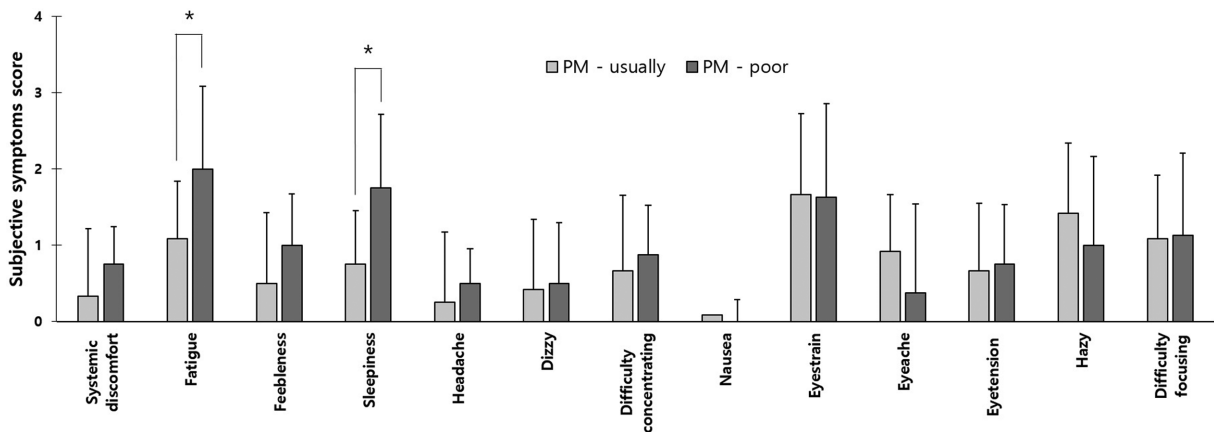


Fig. 4. Subjective symptoms score according to concentration of PM.

날에 비해서 미세먼지의 농도가 나쁜 날에 소프트렌즈 착용 시 NIBUT가 감소했다. 전체 자각증상의 변화는 미세먼지의 농도가 보통인 날에 비해 미세먼지의 농도가 나쁜 날에 더 심해지는 변화를 보였으나 전신증상의 변화가 더 컸고 눈의 불편 증상 변화는 적었다.

본 연구에서는 미세먼지 농도가 높은 환경에서 소프트렌즈의 변형은 나타나지 않았으나, 착용자의 눈물막 안정성이 영향을 주는 것을 밝혔다. 이러한 미세먼지에 의한 소프트렌즈의 변형과 생리적인 변화는 소프트렌즈 착용감과 시력 교정에 영향을 줄 수 있을 것으로 보인다. 본 연구는 미세먼지의 농도가 각기 다른 1일 동안 소프트렌즈를 착용한 후 변화를 측정된 결과이므로 미세먼지가 높은 환경에서 반복적으로 소프트렌즈를 착용하였을 때 소프트렌즈 파라미터나 각막에 미치는 영향이 더 크게 나타날 가능성도 있으리라 보인다. 또한 소프트렌즈 재질에 따라 환경에 대한 변화 정도가 상이하므로 미세먼지에 의한 렌즈 재질별 변화 및 미세먼지 노출이 장기간 발생할 경우 변화 양상 비교를 위한 추가 연구가 필요할 것으로 보인다.

REFERENCES

- [1] WHO International Agency for Research on Cancer. IARC scientific publication: Air pollution and cancer No.161, 2013. <http://www.iarc.fr/en/publications/books/sp161/index.php> (1 January 2013).
- [2] ME(Ministry of Environment, Korea). If you know it, you can see. Fine dust, what is it?, 2016. <http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?menuId=10181&orgCd=&boardId=627350&boardMasterId=54>(12 July 2017).
- [3] ME(Ministry of Environment, Korea). Monthly report of air quality 2017, 2017. <http://library.me.go.kr/search/DetailView.ax?sid=1&cid=5650406>(5 June 2018).
- [4] Saxena R, Srivastava S, Trivedi D, Anand E, Joshi S, Gupta SK. Impact of environmental pollution on the eye. *Acta Ophthalmol Scand*. 2003;81(5):491-494.
- [5] Eom Y, Song JS, Lee HK, Kang B, Kim HC, Lee HK, Kim HM. The effect of ambient titanium dioxide micro-particle 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):6586-6589.
- [6] Han JY, Kang B, Eom Y, Kim HM, Song JS. Comparing the effects of particulate matter on the ocular surfaces of normal eyes and a dry eye rat model. *Cornea*. 2017;36(5):605-610.
- [7] Mimura T, Ichinose T, Yamagami S, Fujishima H, Kamei Y, Goto M et al. Airborne particulate matter (PM_{2.5}) and the prevalence of allergic conjunctivitis in Japan. *Sci Total Environ*. 2014;487:493-499.
- [8] Li J, Tan G, Ding X, Wang Y, Wu A, Yang Q et al. A mouse dry eye model induced by topical administration of the air pollutant particulate matter 10. *Biomed Pharmacother*. 2017; 96:524-534.
- [9] Li J, Li WX, Bai C, Song Y. Particulate matter-induced epigenetic changes and lung cancer. *Clin Respir J*. 2017; 11(5):539-546.
- [10] Franklin BA, Brook R, Arden Pope C 3rd. Air pollution and cardiovascular disease. *Curr Probl Cardiol*. 2015;40(5): 207-238.
- [11] Paulin L, Hansel N. Particulate air pollution and impaired lung function. *F1000Res*. 2016;5:F1000 Faculty Rev-201.
- [12] KECO(Korea Environment Corporation), Air Korea. Fine dust collection, 2016. <http://www.airkorea.or.kr/realSearch> (15 July 2017).
- [13] KMA(Korea Meteorological Agency). Temperature, relative humidity data collection, 2017. <https://data.kma.go.kr/data/rmt/rmtList.do?code=400&pgmNo=570>(15 July 2017).
- [14] Fatt I, Mueller TD. Application of guard ring technology to measurement of oxygen permeability of contact lens materials by the polarographic method. *Int Contact Lens Clin*. 1994;21(5):96-104.
- [15] Lee KJ, Buyn JW, Mun MY, Leem HS. The relationship between habitual patient-reported symptoms and signs in the soft contact lens wearers. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2008;13(3):19-28.
- [16] Kim HD. The analysis for NIBUT and TBUT of the contact lenses. *J Korean Soc Hygienic Sci*. 2009;15(2):87-89.
- [17] Jung DI, Lee HS, Kim SR, Park M. The difference of tear break-up time by the fitting states of soft contact lens in normal and dry eyes. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2010;15(4):339-346.
- [18] Ramamoorthy P, Sinnott LT, Nichols JJ. Contact lens material characteristics associated with hydrogel lens dehydration. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2010;30(2):160-166.
- [19] Ko M, Kim SR, Park M. Changes in subjective/objective symptoms and lens parameters by the education for cosmetic contact lens care. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2016;21(4):361-370.
- [20] Park M, Cho GT, Shin SH, Lee HS, Kim DS. The diameter and base curve changes of soft contact lens by protein deposition. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2005;10(3): 165-171.
- [21] 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):99-103.
- [22] Dong Z, Ding X, Li Y, Gan Y, Wang Y, Xu L et al. Short-term deposition of PM_{2.5} particles on contact lens surfaces: effect on oxygen permeability and refractive index. *Curr Eye Res*. 2018;43(9):1102-1107.
- [23] Choi JY, Park JS, Kim SR, Park M. The change in refractive powers of soft contact lenses caused by the deposition of tear proteins. *J Korean Ophthalmic Opt Soc*. 2011;16(4):383-390.

미세먼지 농도가 소프트콘택트렌즈 착용에 미치는 영향

이세은, 배영은, 박지윤, 김소라, 박미정*

서울과학기술대학교 안경광학과, 서울 01811

투고일(2018년 7월 31일), 수정일(2018년 8월 17일), 게재확정일(2018년 9월 17일)

목적: 미세먼지 농도에 따른 소프트콘택트렌즈의 파라미터, 눈물막 안정성 및 자각증상 변화에 대해 알아보고자 하였다. **방법:** 미세먼지 농도가 보통인 날과 나쁜 날 각각 8시간 동안 20안에 etafilcon A 재질의 일일 착용 소프트콘택트렌즈를 착용하도록 하였다. 소프트콘택트렌즈를 착용하기 전과 각각의 농도에서 착용 후의 비침입성 눈물막 파괴시간을 확인하였으며, 소프트콘택트렌즈의 전체직경, 곡률반경, 중심두께, 굴절력, 가시광선 투과율, 산소투과도와 같은 파라미터 및 자각증상을 측정하였다. **결과:** NIBUT와 전체 자각증상은 미세먼지 농도에 따라 통계적으로 유의하게 변화하였다. 소프트콘택트렌즈 파라미터의 변화 정도는 차이가 적었고 통계적으로 유의하지 않았다. 미세먼지 농도가 높은 날에 더 크게 나타난 전체 자각증상의 변화는 눈의 불편 증상 보다는 전신 증상의 영향을 더 많이 받았다. **결론:** 본 연구를 통해 미세먼지 농도가 일일 착용 소프트콘택트렌즈 착용 시의 관련 자각증상에 영향을 미침을 밝혔다. 미세먼지 환경에서의 안전하게 소프트콘택트렌즈를 착용하기 위해 미세먼지에 반복적으로 장시간 노출되었을 때 유발되는 문제점과 소프트콘택트렌즈 재질에 따른 차이에 대한 연구가 추후에 진행될 필요가 있음을 제안한다.

주제어: 미세먼지, 소프트콘택트렌즈 파라미터, 눈물막 안정성, 자각증상

[Appendix 1]

콘택트렌즈 자각증상 설문지

이름:
나이:
성별:

아래의 각 질문에 대해 본인이 느꼈던 증상의 빈도에 해당하는 숫자에 동그라미로 표시하십시오.

증상	빈도			
	전혀 없음	때때로	자주	항상
전신적인 불편감	0	1	2	3
피로	0	1	2	3
권태감	0	1	2	3
졸음	0	1	2	3
두통	0	1	2	3
어지러움	0	1	2	3
집중하기 힘들	0	1	2	3
매스꺼움	0	1	2	3
눈의 피로	0	1	2	3
눈의 통증	0	1	2	3
눈의 긴장	0	1	2	3
시야의 흐림	0	1	2	3
초점 맞추기 어려운 정도	0	1	2	3