

Analysis of Changing Pattern in Parameters and Surface of Soft Contact Lenses by Sweat

Sung Hyun Park^{1,a}, Jin Sung Park^{1,b}, So Ra Kim^{2,c}, and Mijung Park^{2,d,*}

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

²Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Professor, Seoul 01811, Korea

(Received May 21, 2020: Revised July 22, 2020: Accepted August 18, 2020)

Purpose: In the present study, the change of subjective symptoms induced by sweating during exercise with soft contact lenses (hereinafter soft lenses) wear and the effects of sweating on lens parameters and surface were investigated. **Methods:** Changes in subjective symptoms felt when soft lenses were exposed to sweat during exercise were surveyed among 139 adults between in their 10s and 30s. Four kinds of silicon hydrogel lenses with different surface treatment and three kinds of hydrogel lenses were selected as clear soft lenses, and three kinds of hydrogel lenses were selected as circle soft lenses, and were exposed to artificial sweat for one, two and three hours, respectively. The change was investigated by measuring lens parameters before and after exposure to artificial sweat, and dye elution and pigmentation pattern of circle lenses was confirmed by comparing the frontal surfaces through scanning electron microscopy before and after the artificial sweat exposure. **Results:** According to the survey, subjective symptoms were found to get worse when the eyes and lenses were exposed to secreted sweat during exercise with soft lenses wear. Changes in parameters of soft lenses caused by artificial sweat appeared differently depending on material, ionicity, pigmentation, etc.; however, light transmissibility was least affected. Regardless of pigmentation, high water-ionic lenses had the most lens parameters that showed changes exceeding allowable Korean Food & Drug Administration (KFDA) criteria due to the sweat exposure. Although the change of parameters in silicon hydrogel lenses by artificial sweat was generally smaller than that of hydrogel lenses, changes exceeding allowable KFDA criteria were shown in the water content of delefilcon A lenses and in the refractive power of somofilcon A lenses. On the other hand, in the case of clear and circle lenses made of same material, there were lesser changes in base curve and total diameter of the clear lens, and in the refractive power, central thickness and water content of the circle lens. Changes in dye elution and pigmentation pattern of circle lenses appeared in lenses not manufactured by the sandwich method. **Conclusions:** From the results, it is recommended to wear clear lenses made of un-pigmented silicon hydrogel material to minimize the increase of subjective symptoms, the resulting ocular side effects and change of lens parameters when soft lenses wear is necessary during intensive exercise producing sweat. Moreover, even clear lenses can be recommended to use silicon hydrogel lenses that do not have hydrophilic surface treatment.

Key words: Soft Contact Lenses, Artificial sweat, Lens Parameters, Lens Material, Circle Contact Lenses

서 론

최근 건강에 대한 관심이 사회적으로 고조되면서 운동을 위하여 여가시간을 활용할 뿐만 아니라 별도의 시간을 지정하는 등 현대인들의 적극적인 운동 활동이 이루어지고 있다. 이 때 땀샘에서 분비되는 땀의 양은 운동 강도, 체내의 열 발생 정도 및 외부온도에 따라 사람마다 다르게 측정되지만 고온다습한 여름철과 같은 실내외 환경에

서의 운동 시에는 땀의 분비량이 증가하게 된다. 일상생활에서는 시력교정을 위하여 안경을 착용한다 하더라도 격렬한 신체활동을 요구하는 운동 시에는 불편감으로 인하여 스포츠 고글을 사용하거나 관리가 편한 1회용 투명 소프트콘택트렌즈(이하 투명렌즈)를 착용하는 경우가 적지 않다.^[1] 이 때 운동 중에 흘린 땀이 소프트콘택트렌즈(이하 소프트렌즈) 착용자의 눈에 들어가게 되면 땀을 구성하고

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

Authors ORCID: ^a<https://orcid.org/0000-0001-9960-9251>, ^b<https://orcid.org/0000-0002-4502-647X>, ^c<https://orcid.org/0000-0001-8786-2815>, ^d<https://orcid.org/0000-0002-4645-7415>

본 논문의 일부내용은 2020년도 한국인광학회·대한시과학회 공동학술대회에서 구연으로 발표되었음

있는 다양한 성분들로 인하여 착용자는 불편감을 느낄 수 있으며, 소프트렌즈 파라미터 또한 영향을 받을 가능성이 있다.

소프트렌즈는 직접 각막에 접촉되기 때문에 안구의 정상적인 생리작용을 방해하는 요인으로 작용하여 충혈, 건조감, 이물감 등의 착용 관련 증상부터 저산소증, 각막부종, 각막염이나 미란, 각막궤양, 각막신생혈관 등과 같은 부작용을 유발할 수 있다.^[2-4] 시력교정 및 착용감에 영향을 주는 소프트렌즈의 굴절력, 전체직경, 곡률반경, 중심두께, 함수율, 가시광선 및 UV 투과율 등과 같은 렌즈 파라미터는 안정성을 평가하는 식약의약품안전처(이하 식약처) 뿐만 아니라 International Organization for Standardization(이하 ISO)나 Food and Drug Administration(이하 FDA)의 기준규격에 따라 관리된다.^[5] 이렇게 기준규격을 정하여 소프트렌즈의 안정성을 관리하는 이유는 식약처의 기준규격에 벗어난 렌즈를 지속적으로 착용하면서 발생하는 문제들을 예방하기 위해서이다.

다양한 인체 내, 외부적 요인에 의해 파라미터의 변화가 유발된 렌즈를 착용하게 되면 착용자는 건조감, 이물감 등과 같은 불편감을 느끼게 된다.^[6] 소프트렌즈에 영향을 미칠 수 있는 대표적인 인체 내부요인으로 눈물 단백질^[6]을 들 수 있겠으나 소프트렌즈나 안경 착용 시 노출될 수 있는 땀 또한 인체 내부요인이 될 수 있을 것이다. 땀의 구성성분으로는 물 이외에 이온, 질소 함유물, 젖산 등이 있으며, 이온 중에서는 나트륨과 염화물이 가장 많은 양으로 존재한다. 나트륨은 주로 혈관 내 공간크기를 조절하며 세포 외액과 내액 사이의 삼투압 평형을 유지하여 체내 수분을 조절하는 역할을 하고, 염소는 산염기 평형, 수분유지 및 삼투압 조절에 필수적인 역할을 하며, 급격한 운동 중에 생성되는 젖산은 땀의 pH에 영향을 미친다.^[7] 따라서 이러한 특징을 가지는 땀이 소프트렌즈 파라미터의 변화를 유발할 수 있는 인체 내부요인의 하나가 될 것으로 생각할 수 있으나 시력보정도구에 영향을 미치는 땀에 대한 연구는 안경테에만 국한되어 진행되었으며, 소프트렌즈에 미치는 영향에 관한 연구는 진행된 바 없다. 즉, 급속안경테의 표면이 인공 땀에 노출되었을 때 표면부식과 경도의 감소가 관찰되었고,^[8] 플라스틱 안경테의 경우 표면 변화만 있었고 인장 강도 및 경도는 변화가 없었다고 보고된 바 있다.^[9] 땀에 의한 이러한 안경테의 표면 변화는 안경 착용자의 피부를 자극하여 알레르기 반응을 일으켜 문제를 유발할 가능성이 있다고 하였다. 한편 소프트렌즈는 외부 환경요인에 대하여 민감하게 반응하는 것으로 보고된 바 있는데, 안구세안액, 관리용액 등과 같은 용액에 보관된 경우나 고온 및 저온과 같은 외부 환경에 노출되었을 때 렌즈 파라미터의 변화가 유발됨이 보고된 바 있다.^[10-12]

이에 본 연구에서는 운동 시 땀의 노출과 관련하여 소프트렌즈 착용이 문제가 되는 지를 실태조사를 통하여 알아보고자 하였으며, 10종의 소프트렌즈를 대상으로 제조된 인공 땀에 노출되었을 때 나타나는 파라미터의 변화를 알아보고 렌즈의 재질과 특성에 따라 비교하였다.

대상 및 방법

1. 설문조사 대상 및 내용

소프트렌즈 착용 시와 미착용 시 운동 중 땀이 눈에 들어간 경험이 있는가를 묻는 설문으로 남녀 139명(10대: 13명, 20대: 119명, 30대: 7명)을 대상으로 조사하였다. 대상자 가운데 소프트렌즈 착용 경험자는 109명이었으며, 무경험자는 30명이었다. 설문내용은 ‘렌즈 착용 경험, 렌즈 착용기간, 평균 운동시간, 운동 중 땀이 눈에 들어간 경험, 땀이 눈에 들어갔을 때의 증상’이었다(Appendix 1).

2. 연구 대상 렌즈

국내 시판 중인 소프트렌즈 가운데 재질, 착색 공법, 습윤제 함유 여부 등에서 차이가 있는 투명렌즈 7종과 미용 컬러 소프트콘택트렌즈(이하 써클렌즈) 3종을 선정하여 총 10종을 연구 대상으로 하였으며 식약처 소프트렌즈 규격평가 기준에 따라 모두 -3.00 D의 렌즈를 사용하였다(Table 1). 투명렌즈는 narafilcon A, senofilcon A, delefilcon A 및 somofilcon A 재질의 실리콘하이드로겔 렌즈와 etafilcon A, hilafilcon B 및 hioxifilcon A 재질의 하이드로겔 렌즈였으며, 써클렌즈는 etafilcon A, hilafilcon B 및 polymacon 재질의 하이드로겔 렌즈이었다.

3. 인공 땀 제조

염화나트륨(1.08%), 젖산(0.12%), 요소(0.13%)를 증류수에 녹여 인공 땀 용액을 제조하였으며,^[13] 인공 땀의 pH는 6.5 ± 0.2 가 되도록 하였다. 인공 땀은 모두 Sigma-Aldrich사(USA)의 제품을 사용하여 제조하였다.

4. 소프트렌즈의 인공 땀 노출 및 파라미터 측정 조건

소프트렌즈를 인공 땀 용액에 충분히 잠기도록 한 후 35°C에서 1, 2 및 3시간 동안 노출시켰다. 이 때 노출시간은 설문조사를 통하여 얻은 운동시간을 참고하여 설정하였다.

인공 땀에 노출되지 않은 렌즈를 대조군으로 하였고, 대조군과 실험군의 렌즈는 모두 각 조건마다 5개씩 사용하였다. 5개 렌즈 각각의 파라미터를 모두 측정한 후 평균값을 사용하였다.

Table 1. Parameter of soft contact lenses used in the study

Lens	1-DAY ACUVUE TruEye	1-DAY ACUVUE Oasys	DAILIES TOTAL1	1-DAY Clariti	1-DAY ACUVUE MOIST	Soflens	Clalen 1-DAY	1-DAY ACUVUE define	Naturelle	Clalen iRiS2 Sheer Brown
Manufacturer	Johnson& Johnson	Johnson& Johnson	Alcon	CooperVision	Johnson& Johnson	Bausch+Lomb	Interojo	Johnson& Johnson	Bausch+Lomb	Interojo
USAN ⁺	Narafilcon A	Senofilcon A	Delefilcon A	Somofilcon A	Etafilcon A	Hilafilcon B	Hioxifilcon A	Etafilcon A	Hilafilcon B	Polymacon
Wearing schedule	1 Day	1 Day	1 Day	1 Day	1 Day	1 Day	1 Day	1 Day	1 Day	2 weeks
Clear or circle	Clear	Clear	Clear	Clear	Clear	Clear	Clear	Circle	Circle	Circle
Tinting method	-	-	-	-	-	-	-	Sandwich	Micro-encapsulation	Dual safety shield layers
Water content (%)	46	38	33/80	56	59	59	58	59	59	38
Center thickness(mm)	0.085	0.085	0.090	0.070	0.084	0.090	0.100	0.084	0.090	0.100
Total diameter(mm)	14.2	14.3	14.1	14.1	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2
Base curve(mm)	8.5	8.5	8.5	8.6	8.5	8.6	8.6	8.5	8.6	8.6
FDA group	V-Cr	V-Cr	V	V-B	4	2	2	4	2	1
Oxygen transmissibility ⁺⁺	118	121	156	86	33	11	Not provided	33	11	Not provided
Monomer	Silicone hydrogel +PVP ^e	Silicone hydrogel +PC	Hydrophilic copolymer of silicone containing monomers +TEGDMA	HEMA ^b +MA ^c +PVP ^e	HEMA ^b +NVP ^d	HEMA ^b +glycerol methacrylate +EGDMA ^f +BPA-1 ^g	HEMA ^b +MA ^c +PVP ^e	HEMA ^b +NVP ^d	HEMA ^b +EGDMA ^f	

a.TEGDMA: tetraethylene glycol dimethacrylate, b.HEMA: hydroxyethyl methacrylate, c.MA: methacrylate, d.NVP: N-vinyl pyrrolidinone, e. PVP: poly-vinyl pyrrolidone, f.EGDMA: ethylene glycol dimethacrylate, g.BPA-1: 2-(Benzoyl-3-hydroxyphenoxy)ethyl acrylate, +United States Adopted Name, ++(DK/t)(x10⁻⁹ (cm/sec)(mlO₂ml X mmHg))

5. 소프트렌즈 파라미터의 측정^[14]

1) 굴절력, 전체직경, 곡률반경 및 중심두께
 KIMTECH Science Wipers(Yuhan-kimberly, Korea)를 이용하여 렌즈 표면의 인공 땀을 제거한 후 수동 렌즈미터(US/LM-8, Topcon, Japan)을 사용하여 후면 정점 굴절력을 측정하였으며, 전체직경 및 곡률반경은 안과용 렌즈미터(GB/JCF, Optimec, England)를 사용하여 측정하였다. 인공 땀에 노출시킨 렌즈들은 측정 cell에 인공 땀을 채운 후 측정하였고, 노출시키지 않은 렌즈들은 식약처 평가기준에 따라 인산완충액(PBS, pH 6.6, ISO18369)를 사용하여 측정하였다. 중심두께는 전자두께 측정장치(model ET-3, Cretech, USA)에 렌즈 중심을 맞추고 렌즈 후면을 위로 향하게 한 후 0.001 mm 단위로 측정하였다.

2) 흡수율

전자저울(MW-120, CAS, Korea)을 이용하여 건조 전 렌즈무게를 0.0001 mg 단위로 측정하였고, 건조기(WOF-

105, Daihan, Korea)를 사용하여 65°C의 온도에서 24시간 동안 건조시킨 후 렌즈무게를 측정하였다. 흡수율은 건조 전 무게 대비 건조 후 무게 변화량의 비로 구하였다.

3) 가시광선 및 UV 투과율

자외-가시선분광광도계(Mega-U600, Scinco, China)을 이용하였다. 가시광선의 파장 영역대는 381~800 nm이며, 1 nm 단위로 측정하였고, 자외선의 파장 영역대의 경우 UV-A는 321~380 nm, UV-B는281~320 nm 영역의 광투과율을 측정하였다.

6. 씨클렌즈의 표면 관찰

씨클렌즈 3종(etafilcon A, hilafilcon B 및 polymacon 재질)의 전면을 인공 땀에 3시간 동안 노출시키기 전후에 각각 주사전자현미경(VEGA3, TESCAN, Czech)을 사용하여 50, 500 및 5,000배로 촬영한 후 변화를 관찰하였다.

7. 통계처리

본 연구의 결과값은 평균±표준편차로 표시하였으며, SPSS 23 프로그램을 이용하여 유의수준을 결정하였다. 인공 땀에 의한 렌즈 파라미터의 변화는 비모수 검정을 통해 유의성을 결정하였으며, 이를 만족하는 파라미터는 one-way ANOVA test를 실시하여 유의확률이 $p < 0.05$ 인 경우에 통계적 유의성이 있다고 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 운동 중 소프트렌즈의 땀 노출 여부에 관한 실태조사

운동 중 소프트렌즈 착용 시 렌즈의 땀 노출 여부와 관련된 실태조사 결과, 전체 조사자 139명의 평균 운동시간은 1~2시간이 56.8%(79명)로 가장 많았고 3시간 이상이 2.2%(3명)로 가장 적었다. 소프트렌즈의 착용 여부에 관계없이 운동 중 땀이 눈에 들어간 경험이 있다고 답한 응답자는 78.6%(110명)이었으며, 눈으로 들어간 땀으로 인해 43.6%(48명)는 이물감, 41.8%(46명)는 통증, 34.5%(38명)는 가려움, 25.4%(28명)는 충혈, 20.9%(23명)는 건조감, 19.0%(21명)는 작열감, 4.5%(5명)는 기타의 순으로 자각 증상을 느낀다고 답하였다. 한편 응답자 가운데 소프트렌즈 착용 경험자는 109명으로 나타났고, 62.3%(68명)이 렌즈를 착용한 눈에 운동 중 땀이 들어간 경험이 있다고 응답하였으며, 땀으로 인하여 58.8%(40명)는 이물감, 54.4%(37명)는 통증, 41.1%(28명)는 가려움, 32.3%(22명)는 건조감, 35.3%(24명)는 충혈, 23.5%(16명)는 작열감, 10.3%(7명)는 기타의 증상을 느낀다고 답하였다. 즉, 소프트렌즈 착용 경험자가 운동 중 눈에 땀이 들어간 경우 느끼는 자각증상은 착용 경험 유무를 고려하지 않은 경우에 비해 이물감은 15.2%, 통증은 12.6%, 가려움은 6.6%, 건조감은 11.4%, 충혈은 9.9%, 작열감은 4.5%, 기타는 5.8%의 증가를 나타내었으며, 특히 통증, 건조감 및 이물감은 10% 이상의 증가를 보였다. 이러한 결과로 운동 중 렌즈 착용 시 눈에 들어간 땀의 pH나 삼투압이 착용감에 일차적으로 영향을 미쳤을 것으로 생각되었으며, 운동지속시간이 길어질 경우에는 소프트렌즈 파라미터의 변화 또한 유발될 가능성을 완전히 배제할 수 없을 것으로 생각되었다 (Table 2). 이에 본 설문조사 결과를 바탕으로 국내 유통되고 있는 10종의 소프트렌즈를 대상으로 인공 땀에 일정시간 노출시킨 후 실제로 렌즈 파라미터의 변화가 유발되는지 알아보았다.

2. 인공 땀 노출에 따른 소프트렌즈의 굴절력 변화

인공 땀에 노출시켰을 때, somofilcon A 재질 렌즈를 제외한 모든 재질의 렌즈는 0.25 D 이하의 통계적으로 유의

Table 2. Survey result on the experience of soft lenses wear and subjective symptoms caused by sweat during exercise

	Category	No. of subjects (%)	Classification of answers
Average exercise time	<1 h	47 (33.8)	
	1~2 h	79 (56.8)	
	2~3 h	10 (7.2)	
	≥3 h	3 (2.2)	
	Total	139 (100.0)	
Experience of sweat exposure of the eyes during exercise	Yes	110 (78.6)	
	No	29 (21.4)	
	Total	139 (100.0)	Including both experienced and unexperienced lens wearers
Subjective symptoms by sweat exposure	Pain	46 (41.8)	
	Congestion	28 (25.4)	
	Burning	21 (19.0)	
	Dryness	23 (20.9)	
	Itching	38 (34.5)	
	Irritation	48 (43.6)	
	Etc.	5 (4.5)	
Experience of wearing soft lenses	Yes	109 (78.4)	
	No	30 (21.6)	
	Total	139 (100.0)	
Experience of sweat exposure in the eyes of lens wearers during exercise	Yes	68 (62.3)	
	No	41 (37.7)	
	Total	109 (100.0)	
Symptoms of sweat exposure in the eyes of lens wearers during exercise	Pain	37 (54.4)	Including only experienced lens wearers
	Congestion	24 (35.3)	
	Burning	16 (23.5)	
	Dryness	22 (32.3)	
	Itching	28 (41.1)	
	Irritation	40 (58.8)	
	Etc.	7 (10.3)	

하지 않은 변화를 나타내었다. 반면, somofilcon A 재질의 투명렌즈는 인공 땀에 2시간 노출 시 가장 큰 굴절력의 변화를 내어 -3.45 D(노출 전 대비 7.8% 증가)로 측정되었는데 이는 통계적으로도 유의한 변화이었을 뿐만 아니라 식약처 허용오차기준을 벗어난 결과이었다. Somofilcon A 재질 렌즈(-3.00 D)의 경우는 인공 땀 노출 전에도 굴절력이 식약처 허용오차 범위 내에 존재하는 값이긴 하였으나 -3.20 D로 측정되어 다른 재질의 소프트렌즈에 비해 높게 나타났다. 이는 Wagner¹⁵⁾ 등의 선행연구에서 -6.00 D somofilcon A 재질 렌즈의 굴절력을 측정하였을 때 -6.57 D로 높게 측정되었던 것과 유사한 결과이다. 이렇듯 굴절력이 높게 측정된 고풍수의 somofilcon A 재질 렌즈는 본 연

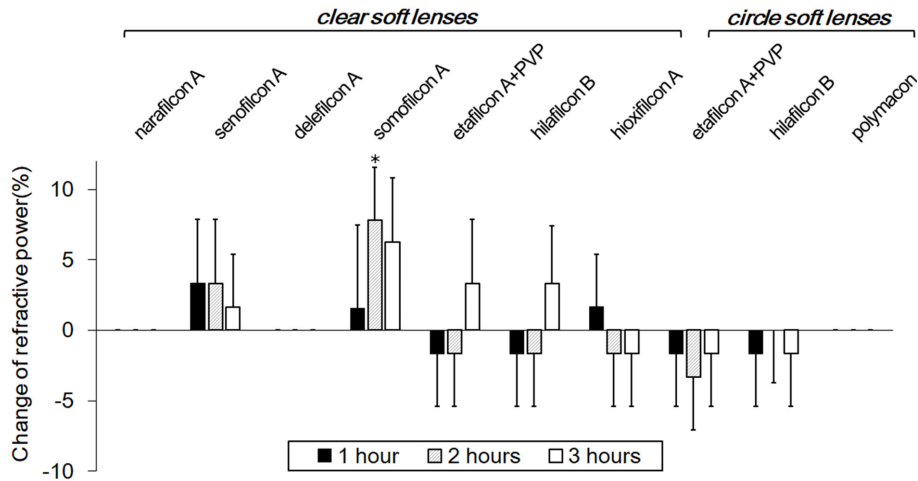


Fig. 1. Relative change in refractive power of soft contact lenses after exposure to artificial sweat. * $p < 0.05$, significantly different from the base value by one-way ANOVA or non-parametric test

구에서 사용된 대상 렌즈 가운데 가장 중심두께(0.07 mm)가 가장 얇아 공기 중에서 굴절력 측정 시 상대적으로 빠른 건조가 유발되어 나타난 결과로 생각된다(Fig. 1).

3. 인공 땀 노출에 따른 소프트렌즈의 전체직경, 곡률반경 및 중심두께 변화

인공 땀에 1~3시간 동안 노출시킨 10종의 소프트렌즈의 렌즈 파라미터 중 전체직경, 곡률반경 및 중심두께를 측정하여 인공 땀에 의한 변화를 알아보았다(Fig. 2~4). 전체직경의 경우 narafilcon A, delefilcon A 및 hilafilcon B 재질의 투명렌즈를 제외한 모든 렌즈에서 통계적으로 유의한 변화가 관찰되었다. 즉, 가장 큰 전체직경의 변화는 etafilcon A 재질의 써클렌즈에서 인공 땀에 2시간동안 노출시켰을 때의 노출 전 대비 2.6%의 감소였으며, 가장 작은 변화는 delefilcon A 재질의 렌즈를 1시간 동안 노출시켰을 때의 변화없음(0.0%)이었다. Somofilcon A, etafilcon

A 및 hioxifilcon A 재질의 투명렌즈와 etafilcon A, hilafilcon B 및 polymacon 재질의 써클렌즈들은 전반적으로 통계적으로 유의한 전체직경의 감소를 나타내었으며, senofilcon A 재질의 투명렌즈만 인공 땀의 노출시간 증가에 따라 전체직경이 통계적으로 유의하게 증가하는 것으로 나타났다. 특히 etafilcon A 재질의 경우는 투명렌즈와 써클렌즈 모두 인공 땀의 노출 후 식약처 허용오차기준(± 0.2 mm)을 초과한 변화를 나타내었는데 이는 pH가 6.0으로 측정되었던 국내 유통의 안구세안액에 소프트렌즈를 노출시킨 후 파라미터의 변화를 확인한 선행연구결과^[10]에서 고탍수, 이온성인 etafilcon A 재질의 렌즈가 가장 큰 전체직경의 감소를 보였던 결과와 유사한 것으로 나타났다(Fig. 2).

소프트렌즈를 인공 땀에 노출시켰을 때, narafilcon A 및 hioxifilcon A 재질의 투명렌즈와 polymacon 재질의 써클렌즈를 제외한 7종의 렌즈에서 통계적으로 유의한 곡률반경의 변화를 나타내었다(Fig. 3). Hilafilcon B 재질의 투명

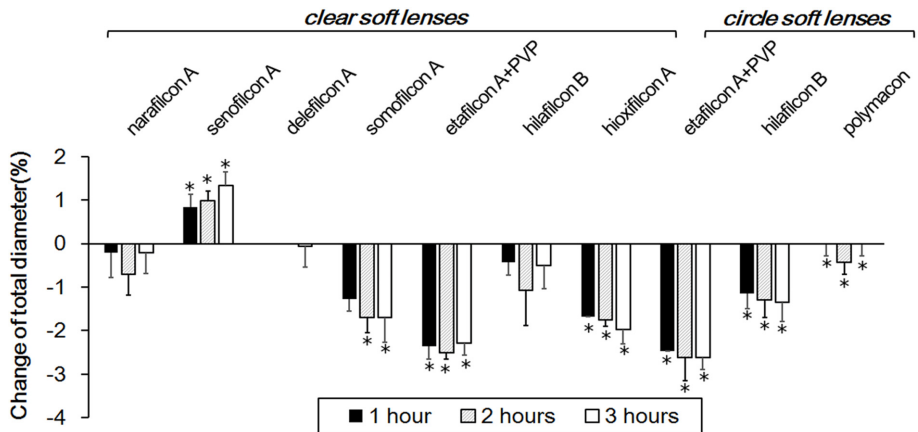


Fig. 2. Relative change in total diameter of soft contact lenses tested after exposure to artificial sweat. * $p < 0.05$, significantly different from the base value by one-way ANOVA or non-parametric test

렌즈를 인공 땀에 3시간 노출시켰을 때 가장 큰 곡률반경의 변화(노출 전 대비 4.6% 감소)가 관찰되었으며, 가장 작은 변화는 polyacon 재질의 렌즈를 인공 땀에 1시간 노출시켰을 때로 곡률반경은 변화없었다. Delefilcon A, somofilcon A, etafilcon A 및 hilafilcon B 재질의 투명렌즈와 etafilcon A 및 hilafilcon B 재질의 써클렌즈는 전체적으로 곡률반경이 감소하여 렌즈가 스틱해지는 경향을 나타냈으며 이는 통계적으로도 유의한 변화이었다. 반면 인공 땀의 노출시간 증가에 따라 전체적경이 증가하였던 senofilcon A 재질 렌즈는 곡률반경 또한 통계적으로 유의하게 증가하여 렌즈가 플랫해지고 새그값이 감소함을 알 수 있었다. 특히 고함수인 etafilcon A 및 hilafilcon B 재질 렌즈의 곡률반경은 착색여부에 관계없이 모두 식약처

허용오차기준(± 0.2 mm)을 초과한 변화를 나타내었다. 박^[16] 등의 선행 연구에서 고함수의 렌즈가 pH에 가장 민감하게 반응한다고 보고한 것과 유사하게 본 연구에서도 인공 땀 노출에 의해 고함수 렌즈인 etafilcon A 및 hilafilcon B 재질 렌즈의 곡률반경 값들이 가장 큰 변화를 받은 것으로 나타났으며, 이는 땀의 pH나 친수성의 구성성분에 의하여 렌즈 중합체 매트릭스 내로 흡수되는 물의 양이 변하면서 중합체 매트릭스의 구조변화가 유발되었기 때문이라 생각되었다.^[17]

한편 소프트렌즈를 인공 땀에 노출시켰을 때 렌즈중심 두께는 렌즈 내외부의 함수율이 다른 delefilcon A 재질의 렌즈를 제외한 9종의 렌즈에서는 변화량이 크지 않았음을 알 수 있었다. Delefilcon A 재질 렌즈의 경우는 인공 땀

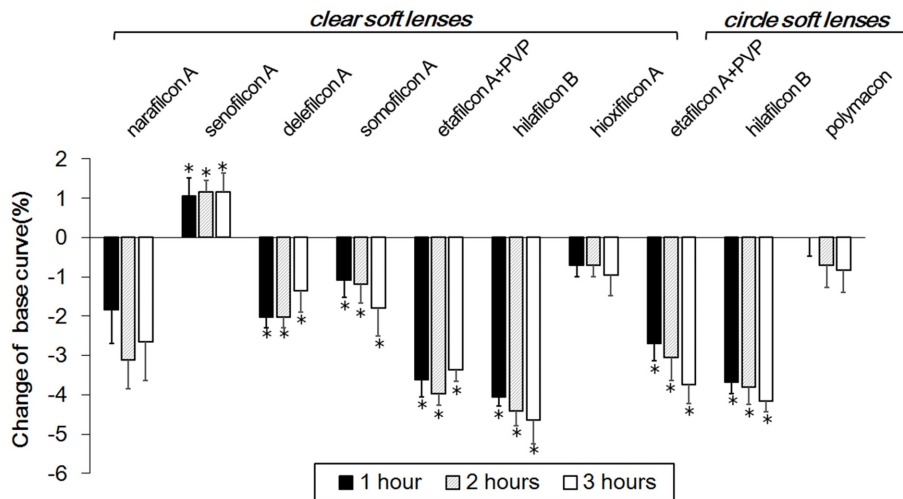


Fig. 3. Relative change in base curve of soft contact lenses tested after exposure to artificial sweat
* $p < 0.05$, significantly different from the base value by one-way ANOVA or non-parametric test

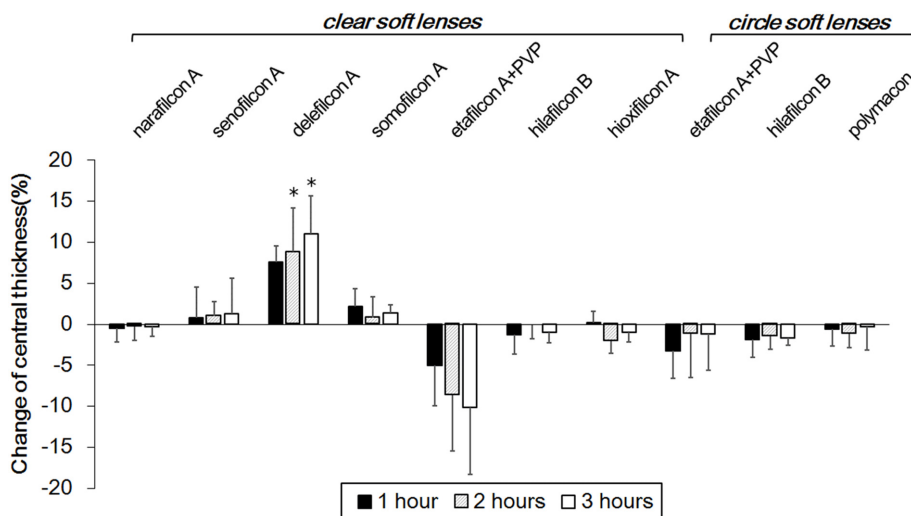


Fig. 4. Relative change in central thickness of soft contact lenses tested after exposure to artificial sweat.
* $p < 0.05$, significantly different from the base value by one-way ANOVA or non-parametric test

에 3시간 노출시켰을 때 중심두께의 변화가 가장 크게 나타났으며(노출 전 대비 11.0% 증가) 통계적으로도 유의한 증가였다. 반면 가장 작은 중심두께의 변화는 etafilcon A 재질의 렌즈에서 관찰되었는데 인공 땀의 노출시간 증가에 따라 중심두께가 감소하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 감소는 아니었다. 인공 땀 노출 후 모든 재질 렌즈의 중심두께 변화는 식약처 허용오차기준($\pm \{0.010 + (\text{Published} * 0.1)\}$ mm) 이내로 나타났으므로 인공 땀은 렌즈중심두께에는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 생각되었다(Fig. 4).

4. 인공 땀 노출에 의한 소프트렌즈의 흡수율 변화

인공 땀에 노출되었을 때, delefilcon A, somofilcon A 및 etafilcon A 재질의 투명렌즈와 hilafilcon B 재질의 투명 및 씨클렌즈는 통계적으로 유의한 흡수율의 변화를 나타내었다. 즉, 렌즈 내·외부의 흡수율이 각각 33%와 80%로 상이한 delefilcon A 재질의 렌즈를 인공 땀에 1시간 노출시켰을 때 가장 크게 변했고(노출 전 대비 16.7% 감소) hilafilcon B 재질의 씨클렌즈를 1시간 노출시켰을 때 가장 작게 변했다(노출 전 대비 0.07% 감소). Delefilcon A 및 etafilcon A 재질의 투명렌즈는 인공 땀에 노출시켰을 때 노출시간에 관계없이 모두 10%를 초과하는 통계적으로 유의한 감소를 나타내었는데 이는 식약처 허용오차기준($\pm 2\%$)을 초과한 변화이었다. 그러나 etafilcon A 재질의 씨클렌즈는 동일 재질의 투명렌즈의 경우와는 달리 통계적으로 유의한 흡수율의 감소를 보이지 않아 착색여부에 따른 흡수율 변화에 차이가 존재함을 알 수 있었다. 한편 고흡수 비이온성인 hilafilcon B 재질의 투명과 씨클렌즈에

서는 인공 땀 노출시간이 1, 2시간에서는 통계적으로 유의미한 변화를 보이지 않았지만 3시간 노출시켰을 때에는 통계적으로 유의미한 감소를 보였다. 그러나 고흡수 이온성 재질보다는 그 변화 정도가 작은 것으로 나타났으므로 고흡수보다는 렌즈 표면의 이온성 여부가 흡수율의 변화에 우선적으로 영향을 미치는 것으로 생각되었다. 이러한 경향은 본 연구와는 다른 외부 자극에 대해 연구한 선행 연구에서도 유사하게 나타났다. 즉, Simon^[18] 등은 선행 연구에서 이온성 재질의 렌즈가 비이온성 재질의 렌즈에 비해 친수성 물질에 대해 반응성이 높다는 것을 보고하였으며 박^[16] 등은 고흡수 이온성 재질의 렌즈가 pH에 가장 민감하게 반응한다고 보고한 바 있다. 본 연구에서도 고흡수 이온성인 delefilcon A 및 etafilcon A 재질 렌즈가 인공 땀의 pH가 산성이라는 것과 땀에 함유되어 있는 염화나트륨, 요소, 젖산 등과 같은 성분들의 흡수작용에 의해 흡수율이 더 크게 감소된 것으로 여겨진다(Fig. 5).

5. 인공 땀 노출에 의한 소프트렌즈의 광투과율 변화

인공 땀에 노출시켰을 때, 투명렌즈의 경우 senofilcon A, delefilcon A, somofilcon A 및 etafilcon A 재질은 가시광선 투과율이 증가하는 경향을 보였던 반면, hilafilcon B 및 hioxifilcon A 재질은 투과율이 감소하는 경향을 나타내었고, etafilcon A 및 hilafilcon B 재질의 씨클렌즈는 인공 땀 노출 후 가시광선 투과율이 증가하는 경향을 보였으나 통계적인 유의성을 보이는 경우는 없었다. 또한 모든 재질의 렌즈에서 인공 땀 노출에 따른 가시광선 투과율의 변화는 식약처 허용오차기준($\pm 5\%$) 이내의 변화이었다(Table 3). 따라서 인공 땀 노출로 인하여 전체직경, 곡률

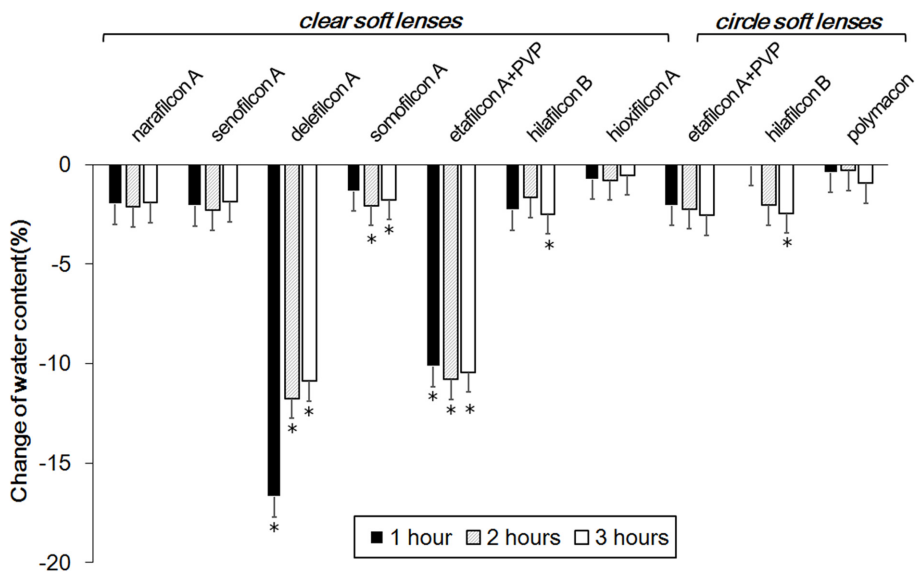


Fig. 5. Relative change in water content of soft contact lenses tested after exposure to artificial sweat. *p<0.05, significantly different from the base value by one-way ANOVA or non-parametric test

Table 3. Change in visible light transmission of soft contact lenses tested after exposure to artificial sweat

Pigmentation	USAN	Visible light transmission (%)				p-value
		Baseline	Exposure time to artificial sweat (h)			
			1	2	3	
Clear	Narafilcon A	93.59±1.08	93.60±1.04	93.50±0.92	93.40±1.47	0.615
	Senofilcon A	96.76±0.67	95.65±0.86	96.94±0.93	96.95±0.84	0.097
	Delefilcon A	94.78±0.29	95.73±1.52	96.26±1.18	96.48±0.23	0.063
	Somofilcon A	96.85±1.44	96.80±5.44	97.62±0.84	97.58±0.73	0.069
	Etafilcon A	94.41±1.50	94.35±3.11	94.98±0.49	95.81±0.93	0.568
	Hilafilcon B	97.05±1.62	94.98±0.51	95.20±0.61	95.70±1.80	0.083
	Hioxifilcon A	95.72±1.65	94.81±1.29	94.49±1.80	94.73±1.14	0.597
Circle	Etafilcon A	95.10±1.82	95.28±1.73	95.49±1.17	96.74±1.13	0.335
	Hilafilcon B	94.51±1.72	94.56±1.54	95.01±1.03	95.42±0.93	0.687
	Polymacon	96.84±1.28	94.90±2.75	96.74±2.29	97.54±1.53	0.247

반경 및 중심두께에 변화가 있더라도 가시광선 투과율은 크게 영향을 받지 않음을 알 수 있었다.

인공 땀에 소프트렌즈를 노출시켰을 때, 모든 재질의 투명 및 써클렌즈의 UV-A 투과율은 통계적으로 유의미한 변화를 보이지는 않았으며 식약처 허용오차기준 이내의 변화를 보여 가시광선 투과율과 마찬가지로 인공 땀 노출에 크게 영향을 받지 않음을 알 수 있었다(Table 4).

한편 렌즈를 인공 땀에 노출시켰을 때, narafilcon A 및 senofilcon A 재질의 투명렌즈들은 UV-B 투과율이 감소하는 경향을 보였으며 특히 narafilcon A 재질의 투명렌즈는 통계적으로도 유의하게 감소하여($p=0.000$) 인공 땀 노출로 오히려 UV-B 차단이 증가함을 나타내었다. 한편, delefilcon A 및 somofilcon A 재질의 투명렌즈와 etafilcon A 및 hilafilcon B 재질의 써클렌즈는 UV-B 투과율이 다소 증가하는 경향을 보였다. Delefilcon A 재질의 투명렌

즈가 노출 전 84.20±1.14%에서 인공 땀 3시간 노출 후 87.04±2.00%로 가장 큰 변화를 보였고, etafilcon A 재질의 투명렌즈는 노출 전 1.80±0.90%에서 인공 땀 2시간 노출 후 1.80±0.22%로 가장 작은 변화를 나타내었다. 그러나 모든 재질의 렌즈에서 UV-B 투과율은 인공 땀 노출 후에 식약처 허용오차기준 이내의 변화이었다(Table 5).

따라서 인공 땀 노출은 렌즈 파라미터 가운데 광투과율에 미치는 영향은 매우 미미함을 알 수 있었다. 그러나 일부 렌즈의 UV-A 및 B 투과율은 90%를 초과하는 것으로 나타났으므로 실내활동 시에는 큰 영향이 없을 수 있으나 실외활동 운동 시에는 추가적으로 UV를 차단하는 안경렌즈의 사용이 필요한 것으로 나타났다.

6. 인공 땀 노출에 의한 써클렌즈의 착색부위 변화

주사전자현미경을 사용하여 인공 땀 노출 전과 후 써클

Table 4. Change in UV-A transmission of soft contact lenses tested after exposure to artificial sweat

Pigmentation	Pigme	USAN	UV-A transmission (%)			p-value
			Baseline	Exposure time to artificial sweat (hour)		
				1	2	
Clear	Narafilcon A	3.37±0.38	3.64±0.30	3.49±0.24	3.66±0.40	0.525
	Senofilcon A	3.33±0.29	3.58±0.36	3.67±0.14	3.28±0.33	0.151
	Delefilcon A	90.66±0.81	90.84±2.03	90.69±1.66	90.10±1.35	0.061
	Somofilcon A	27.08±3.63	28.15±1.54	28.67±1.94	28.32±2.34	0.770
	Etafilcon A	14.56±1.25	16.95±2.59	16.89±0.55	15.99±1.75	0.136
	Hilafilcon B	96.47±1.57	95.45±0.83	93.43±3.40	95.52±1.60	0.174
	Hioxifilcon A	11.70±0.56	11.80±0.46	12.04±0.70	11.91±0.42	0.790
Circle	Etafilcon A	16.55±2.50	17.42±1.65	17.89±1.46	17.75±1.14	0.636
	Hilafilcon B	93.69±2.20	94.67±2.13	93.64±2.18	94.63±1.41	0.752
	Polymacon	93.39±2.53	92.75±1.70	95.05±1.84	92.64±3.78	0.457

Table 5. Changes in UV-B transmission of soft contact lenses tested after exposure to artificial sweat

Pigmentation	USAN	UV-B transmission (%)				p-value
		Baseline	Exposure time to artificial sweat (h)			
			1	2	3	
Clear	Narafilcon A	0.58±0.08	0.22±0.08	0.18±0.09	0.32±0.09	0.000*
	Senofilcon A	0.22±0.04	0.12±0.05	0.18±0.07	0.18±0.07	0.229
	Delefilcon A	84.20±1.14	84.20±2.70	83.45±2.10	87.04±2.00	0.064
	Somofilcon A	2.18±1.10	1.83±0.33	2.80±0.45	2.69±0.54	0.127
	Etafilcon A	1.80±0.90	2.45±0.97	1.80±0.22	1.29±0.53	0.134
	Hilafilcon B	89.88±1.73	90.32±1.18	87.78±5.13	89.96±1.82	0.523
	Hioxifilcon A	0.88±0.06	0.84±0.09	0.90±0.07	0.85±0.09	0.614
	Etafilcon A	2.35±1.01	3.22±0.16	2.63±0.59	2.84±0.50	0.227
Circle	Hilafilcon B	87.22±3.48	89.15±2.50	87.12±1.97	88.68±1.09	0.465
	Polymacon	90.47±3.41	90.39±3.31	92.32±3.57	91.80±3.15	0.747

렌즈 전면의 착색부위를 50, 500 및 5,000배율로 관찰하여 인공 땀에 의하여 착색의 변화가 유발되었는지 알아보았다(Fig. 6). 인공 땀 노출 전의 경우, 샌드위치 공법으로 착색된 etafilcon A 재질의 씨클렌즈 전면에서는 착색패턴이 관찰되지 않았다. 한편 micro-encapsulation 공법으로 염료를 착색한 hilafilcon B 재질 씨클렌즈와 dual safety shield layers(DSSL)공법으로 착색한 polymacon 재질의 씨클렌즈의 전면에서는 착색패턴이 관찰되었다.

Etafilcon A 재질 씨클렌즈의 경우 인공 땀 노출 후에 50 배율에서는 표면 변화를 관찰할 수 없었으나 500 및 5,000 배율로 확대했을 때에는 전면표면에 입자가 관찰되었다. 이는 인공 땀의 구성성분 중 이온화되는 성분이 음이온을 띠는 렌즈표면에 부착되어 나타난 결과로 생각되었다. Hilafilcon B 재질의 씨클렌즈 경우는 인공 땀 노출 전에는 500배율과 5,000배율의 관찰에서 모두 염료의 규칙적인 배열이 확인되었고 착색이 비어있는 부분이 관찰되지 않았다. 인공 땀에 3시간 노출 후 50배율 관찰 시에는 별다른 변화가 나타나지 않았으나 500배율의 관찰 시에는 착색 부위에서 염료가 빠져나와 착색이 비어있는 부분이 관찰되었으며, 5,000배율의 관찰에서는 염료 입자의 불규칙한 배열과 작은 구멍들을 보다 자세히 관찰할 수 있었다. 한편, DSSL 공법으로 착색된 polymacon 재질 씨클렌즈의 전면표면은 인공 땀 노출 후에는 50배율의 관찰에서도 흐려진 착색패턴이 나타났으며, 500배율과 5,000배율의 관찰에서는 착색 부위에서 염료가 빠져나와 검게 보여지는 부분이 관찰되었으며, 착색패턴의 변화 또한 나타났다(Fig. 6).

본 연구에서는 설문조사를 통해 소프트렌즈를 착용하고 운동을 한 후 땀이 눈에 들어갔을 때 착용자가 느끼는 자각 증상에 대해 조사하였으며, *in vitro* 실험을 통하여 인공 땀 노출에 따른 하이드로겔 및 실리콘하이드로겔 렌즈

의 파라미터 변화를 알아보았다. 설문결과 렌즈를 착용하고 있는 상태에서 눈에 땀이 들어갔을 때 모든 자각증상이 두드러진다는 것을 알 수 있었으며, 그 중 이물감, 통증 및 건조감의 증가가 큰 것으로 나타났다. 본 연구에서는 인공 땀의 pH와 눈물과 다른 삼투압이 이러한 자각증상의 증가에 직접적인 원인으로 작용하였을 것이나 이로 인한 소프트렌즈의 파라미터 변화 또한 렌즈 착용 시 피팅상태의 변화를 유발하여 자각적으로 느끼게 되는 증상의 정도에 영향을 미침을 밝혔다.

환경에 의한 콘택트렌즈 파라미터의 변화에 대한 선행 연구에서 실리콘하이드로겔 렌즈는 하이드로겔 렌즈보다 안정하다고 하였는데,^[10] 본 연구에서도 인공 땀 노출 후 실리콘하이드로겔 렌즈가 하이드로겔 렌즈보다 상대적으로 파라미터의 변화가 작았으나 실리콘하이드로겔 렌즈 중 somofilcon A 재질 렌즈는 인공 땀 노출 후 식약처 허용오차기준치를 벗어난 굴절력의 변화가 나타났으며 delefilcon A 재질 렌즈의 함수율은 식약처 허용오차기준을 벗어난 변화를 보여 모든 실리콘하이드로겔 렌즈가 환경에 안정적이라고 단정짓기에는 무리가 있다고 생각된다. 인공 땀 노출에 의한 렌즈 파라미터 중 함수율의 변화 정도가 가장 컸는데 이는 인공 땀의 구성 성분인 염화나트륨과 젖산의 탈수를 자극시키는 특성^[11]과 요소의 강한 흡습성으로 인하여^[20] 나타난 결과로 생각된다.

하이드로겔 씨클렌즈의 경우는 인공 땀 노출 후 곡률반경과 전체직경을 제외한 나머지 파라미터에서는 작은 변화의 경향을 보여 착색으로 인하여 렌즈 중합체와 인공 땀의 pH 및 구성성분과의 상관관계가 영향을 받았을 것으로 생각되었다. 그러나 인공 땀 노출로 인하여 고함수 이온성인 etafilcon A 재질 렌즈는 착색부위의 변화는 크지 않았으나 곡률반경 및 전체직경이 식약처 허용오차기준치

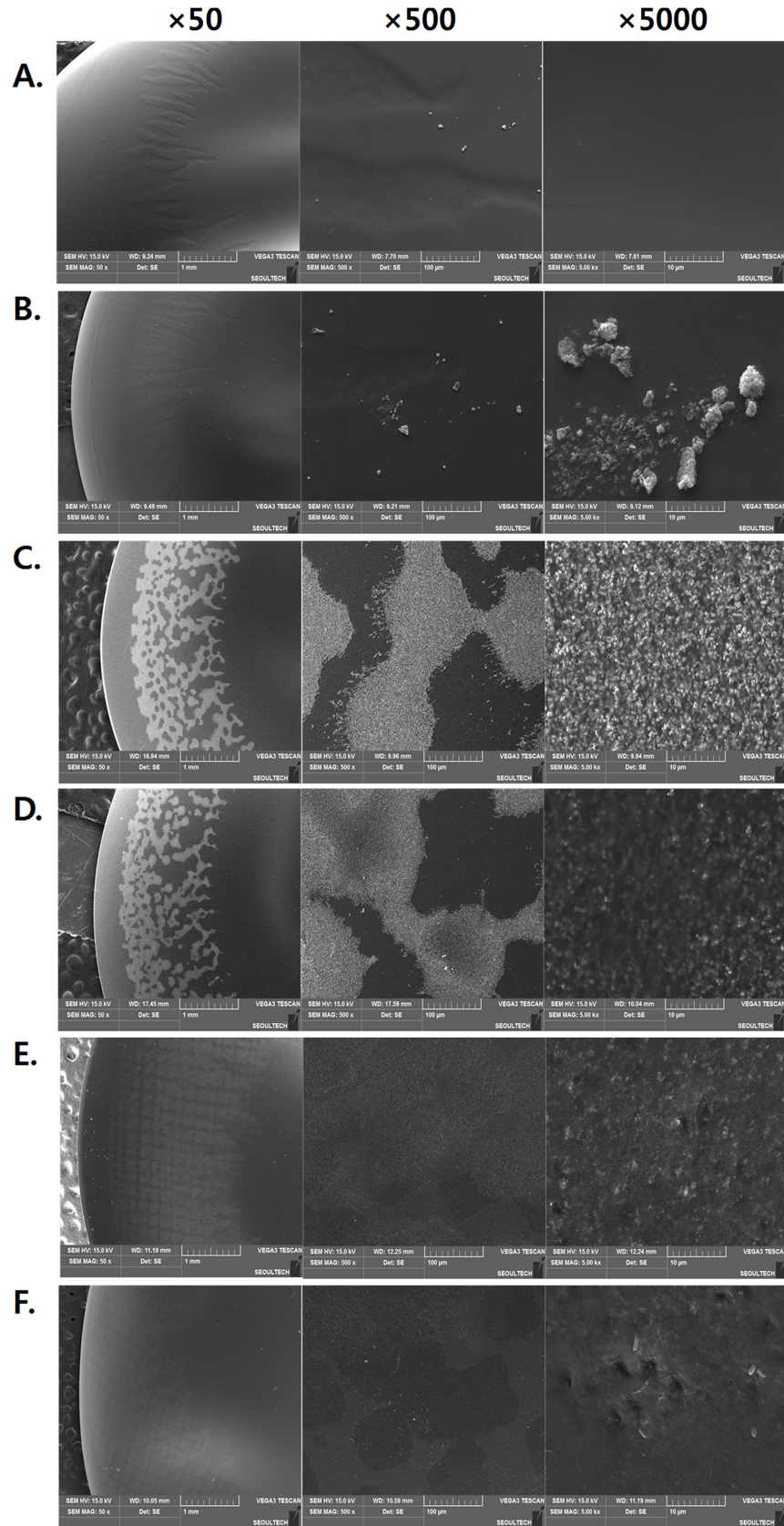


Fig. 6. Pigmented area in frontal surface of circle soft lenses.
 A, B. etafilcon A before (A) and after (B) three hour-exposure to artificial sweat.
 C, D. hilafilcon B before (A) and after (B) three hour-exposure to artificial sweat.
 E, F. polymacon before (A) and after (B) three hour-exposure to artificial sweat.

를 벗어난 변화를 나타내어 안정성(stability)이 확보되었다고 판단하기 어려웠으며, 저함수 비이온성인 polyacon 재질 렌즈는 렌즈 파라미터의 변화는 작았으나 착색부위 관찰 시 염료가 빠져나와 착색이 되지 않고 비어있는 부분이 관찰되었으므로 염료 유출로 인하여 안전성(safety)에 문제가 야기될 가능성이 있다고 판단되었다. 한편, hilafilcon B 재질 렌즈의 경우는 곡률반경이 식약처 허용오차기준치를 벗어나는 변화를 보였을 뿐만 아니라 착색부위 관찰 시 인공 땀 노출로 염료가 빠져나온 듯한 모습이 관찰되었으므로 의료기기로서의 안정성과 안전성이 모두 확보되었다고 보기 어려웠다.

실험 대상 렌즈 가운데 실리콘하이드로겔인 narafilcon A 및 senofilcon A 투명렌즈, 하이드로겔인 hioxifilcon A 투명렌즈, polyacon 씨클렌즈는 인공 땀 노출로 인한 파라미터의 변화는 모두 식약처 허용오차기준치를 벗어나지 않았다. 조^[12] 등은 렌즈의 유통과정 중 나타날 수 있는 온도변화에 소프트렌즈가 반복적으로 노출되었을 때 투명렌즈의 파라미터 변화를 밝힌 선행연구에서 파라미터의 변화 양상은 렌즈의 재질, 이온성, 습윤제 함유 여부에 따라 다르게 나타난다고 하였으며, 또 다른 선행연구에서는 소프트렌즈가 눈물과 다른 화학적 환경을 제공하는 안구세안액에 일정 시간 노출되었을 때에는 렌즈 파라미터의 안정성이 유지되지 않으며 특히 이온성 하이드로겔 렌즈의 경우 식약처 허용오차기준을 초과하는 변화를 보이는 것도 있다고 하였다.^[10] 본 연구에서도 렌즈 재질의 특성과 착색여부에 따라 파라미터의 변화가 상이하게 나타났으며, 모든 렌즈 파라미터에서 식약처 허용오차기준을 벗어나지 않는 변화를 보인 narafilcon A, senofilcon A 및 hioxifilcon A 재질의 투명렌즈와 polyacon 재질의 씨클렌즈는 인공 땀의 삼투압, pH 등에 영향을 덜 받는 것으로 생각되었다. 이 중 polyacon 재질 렌즈는 다른 9종의 렌즈와는 달리 안정성의 유지가 요구되는 2주 착용 렌즈이므로 환경에 의해 영향을 적게 받도록 제조되었을 것으로 예상할 수 있었다. 한편 비이온성 고탍수 재질인 hioxifilcon A 및 hilafilcon B 투명렌즈는 파라미터의 변화 양상이 동일하지 않았으며 특히 hilafilcon B 재질 렌즈는 식약처 허용오차 기준치를 초과하는 곡률반경의 변화를 나타내었다. 이는 동일한 FDA군으로 기본 모노머는 HEMA로 같다 하더라도 습윤제나 추가 구성 모노머의 차이로 인하여 중합체 매트릭스의 형성이 상이해지면서 인공 땀에 의한 변화 양상 또한 달라진 것으로 생각되었다.

주사전자현미경을 통한 렌즈표면 변화를 관찰한 결과, 인공 땀 노출 후 2종의 씨클렌즈에서 염료용출 및 착색 패턴의 변화를 확인할 수 있었다. 김^[21] 등은 선행연구에서 씨클렌즈를 실내 수영장 물에 노출시켰을 때 샌드위치 공

법으로 제조된 착색렌즈에서는 착색 패턴의 변화가 나타나지 않는다고 보고하였으며, 최^[10] 등은 또 다른 선행연구에서 씨클렌즈를 안구세안액에 노출시켰을 때 샌드위치 공법으로 제조되지 않은 비이온성 재질 렌즈에서 염료용출과 표면손상이 관찰되었다고 하였다. 본 연구에서도 인공 땀 노출 후 렌즈 전면을 5,000배로 확대했을 때, 샌드위치 공법으로 제조된 etafilcon A 재질의 씨클렌즈는 염료용출과 착색패턴의 변화는 관찰되지 않았던 반면, microencapsulation과 DSSL 공법으로 각각 제조된 hilafilcon B 및 polyacon 재질의 씨클렌즈에서는 염료용출에 의한 구멍이 관찰되었으며, 착색패턴 또한 불규칙하게 변화함을 알 수 있었다. 따라서 이렇듯 표면변화와 염료용출이 나타나는 씨클렌즈를 착용한다면 시력 및 착용감에 영향을 미칠 뿐만 아니라 안구 각막표면에 부작용을 유발할 가능성이 있다고 생각된다.

결 론

본 연구 결과 설문조사를 통하여 소프트렌즈를 착용한 상태로 운동할 때 땀이 눈에 들어가게 되면 렌즈를 착용하지 않고 운동할 때보다 이물감, 통증 및 건조감을 상대적으로 크게 느낀다는 것으로 나타났으며, 인공 땀의 pH와 눈물과 다른 삼투압 등으로 인하여 소프트렌즈의 파라미터 또한 변하는 것으로 나타났다.

인공 땀에 의한 소프트렌즈의 파라미터 변화는 렌즈 재질, 이온성 여부, 착색여부 등에 따라 상이하였으나 광투과율에는 크게 영향을 미치지 않았다. 즉, 고탍수 이온성인 재질의 렌즈는 착색여부에 관계없이 인공 땀 노출에 의해 식약처 허용오차기준을 초과하는 변화를 보이는 렌즈 파라미터가 가장 많았으며, 실리콘하이드로겔인 narafilcon A 및 senofilcon A 재질 렌즈와 저함수 비이온성의 하이드로겔인 polyacon 재질 렌즈는 모든 파라미터의 변화가 식약처 허용오차기준 이내로 나타났다. 또한 인공 땀에 의한 실리콘하이드로겔 렌즈의 파라미터 변화가 하이드로겔 렌즈보다 전반적으로 작은 경향을 나타내어 환경에 대하여 비교적 안정적임을 알 수 있었으나 렌즈 내·외부의 함수율이 상이한 delectafilcon A 재질 렌즈는 함수율, 고탍수인 somofilcon A 재질 렌즈는 굴절력이 허용오차 범위를 벗어나는 변화를 보여 모든 실리콘하이드로겔 렌즈의 안정성이 유지된다고 판단할 수는 없었다. 한편 동일 재질의 투명 및 씨클렌즈의 파라미터 변화를 비교하면, 곡률반경과 전체직경은 투명렌즈가, 굴절력, 중심두께 및 함수율은 씨클렌즈가 오히려 투명렌즈보다 인공 땀에 안정적임을 보여 착색여부에 따라 영향을 받는 파라미터가 다름을 알 수 있었다. 씨클렌즈의 경우 렌즈 파라미터

의 변화가 크지 않은 경우라 하더라도 렌즈표면 관찰 시 염료용출과 착색패턴의 변화가 관찰되었으므로 이에 대한 주의가 필요하다고 생각되었다.

이상의 결과로 미루어 볼 때 땀을 흘릴 정도의 운동을 할 때 시력교정의 목적으로 소프트렌즈를 착용하여야 한다면 렌즈 파라미터의 변화로 인한 통증, 건조감 및 이물감 등 자각증상의 증가와 소프트렌즈의 물리적 특성 변화에 따른 안구 생리에 미치는 영향²⁾을 최소화하기 위하여 착색을 하지 않은 실리콘하이드로겔 재질의 투명렌즈의 착용을 권장하며, 투명렌즈라 하더라도 친수성 표면처리가 되지 않은 실리콘하이드로겔 렌즈의 사용을 권장이 합리적이라 사료된다. 그러나 본 연구는 사람이 소프트렌즈를 착용한 상태에서 얻은 임상결과가 아니므로 눈깜박임 과정에서 생성되는 눈물에 의한 땀의 희석정도와 소프트렌즈 pore에 유입된 땀의 정도를 반영할 수 없었으므로 실생활에서 노출되는 땀 구성성분의 양과 농도와 상이하여 렌즈 파라미터와 착색패턴의 변화가 실제보다 크게 나타났을 가능성이 있다는 한계점을 가지므로 이에 대한 추가적인 연구가 수행되어야 할 것으로 보인다.

REFERENCES

- [1] 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.
- [2] Kim JH, Song JS, Hyon JY, et al. A survey of contact lens-related complications in Korea: the Korean contact lens study society. *J Korean Ophthalmol Soc.* 2014;55(1):20-31. DOI: <https://doi.org/10.3341/jkos.2014.55.1.20>
- [3] Choi TH, Kim HM, Cha HW, et al. Research on the current status of contact lenses in Korea. *J Korean Ophthalmol Soc.* 2004;45(11):1833-1841.
- [4] 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. DOI: <http://doi.org/10.14479/jkoos.2016.21.4.361>
- [5] Ministry of Food and Drug Safety. Notice of revision of medical device standard, 2017. http://www.mfds.go.kr/brd/m_211/view.do?seq=11716(15 July 2019).
- [6] Nichols JJ, Sinnott LT. Tear film, contact lens, and patient-related factors associated with contact lens-related dry eye. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2006;47:1319-1328. DOI: <https://doi.org/10.1167/iovs.05-1392>
- [7] Kim BR. The analysis of sweat composition between exercise and sauna. *Exercise Science.* 2000;9(1):181-189.
- [8] Kim SR, Choi MJ, Hwang JW, et al. Effects of sweat on the metal frames of eyeglasses. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2015;20(1):9-14. DOI: <http://doi.org/10.14479/jkoos.2015.20.1.9>
- [9] Kim SR, Yoon HJ, Hyun AY, et al. Effects of sweat and heat on plastic frames of eyeglasses. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2017;22(4):291-298. <https://doi.org/10.14479/jkoos.2017.22.4.291>
- [10] Choi HD, Kim YJ, Choi S, et al. 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. DOI: <http://doi.org/10.14479/jkoos.2018.23.2.97>
- [11] Kim SR, Park SH, Lee GR, et al. The effects of lens care solution instillation on tear film stability of soft contact lens wearers with dry eyes. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2018;23(2):85-95. DOI: <http://doi.org/10.14479/jkoos.2018.23.2.85>
- [12] Cho CK, Song TH, Lee SE, et al. Effects of repeated temperature changes on soft contact lens parameters. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2018;23(3):227-239. DOI: <http://doi.org/10.14479/jkoos.2018.23.3.227>
- [13] Kulthong K, Srisung S, Boonpavanitchakul K, et al. Determination of silver nanoparticle release from antibacterial fabrics into artificial sweat. *Part Fibre Toxicol.* 2010;7(8):1-9. DOI: <https://doi.org/10.1186/1743-8977-7-8>
- [14] Kim SR, Kim DJ, Hwang HW, et al. The stability and safety evaluations of soft contact lenses past their expiry date. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2017;22(1):33-40. DOI: <http://doi.org/10.14479/jkoos.2017.22.1.33>
- [15] Wagner S, Conrad F, Bakaraju RC, et al. Power profiles of single vision and multifocal soft contact lenses. *Cont Lens Anterior Eye.* 2015;38(1):2-14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clae.2014.07.008>
- [16] Park K, Kim SR, Park M. Correlation between protein deposition and oxygen transmissibility in circle contact lenses. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2019;24(1):21-28. DOI: <http://doi.org/10.14479/jkoos.2019.24.1.21>
- [17] Erickson CE, Neogi AN. Method to produce a composite contact lens. U.S. Patent 4121885A, 1976.
- [18] 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. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1444-0938.1977.tb02871.x>
- [19] Huff JW. Effects of sodium lactate on isolated rabbit corneas. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 1990;31(5):942-947.
- [20] Schwartz IL, Thaysen JH, Dole VP. Urea excretion in human sweat as a tracer for movement of water within the secreting gland. *J Exp Med.* 1953;97(3):429-437. DOI: <https://doi.org/10.1084/jem.97.3.429>
- [21] Kim SR, Lee KE, Lee SJ, et al. The change of circle contact lenses exposed to indoor swimming pool water. *J Korean Ophthalmic Opt Soc.* 2016;21(4):341-350. DOI: <http://doi.org/10.14479/jkoos.2016.21.4.341>

땀에 의한 소프트렌즈의 파라미터 및 표면의 변화양상 분석

박성현¹, 박진성¹, 김소라², 박미정^{2,*}

¹서울과학기술대학교 안경광학과, 학생, 서울 01811

²서울과학기술대학교 안경광학과, 교수, 서울 01811

투고일(2020년 5월 21일), 수정일(2020년 7월 22일), 게재확정일(2020년 8월 18일)

목적: 본 연구에서는 소프트콘택트렌즈(이하 소프트렌즈)를 착용한 상태에서 운동할 때 땀에 의한 자각증상의 변화와 렌즈 파라미터 및 표면에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. **방법:** 소프트렌즈를 착용한 상태에서 운동 중 렌즈가 땀에 노출되었을 때 느끼는 자각증상의 변화는 10~30대 139명을 대상으로 설문조사하였다. 투명렌즈로 표면 처리가 상이한 4종의 실리콘하이드로겔 렌즈와 3종의 하이드로겔 렌즈를 선택하였고, 써클렌즈로 하이드로겔 렌즈 3종을 선택하여 인공 땀에 1, 2 및 3시간 동안 각각 노출시켰다. 인공 땀 노출 전후 렌즈 파라미터의 변화를 측정하였으며, 써클렌즈의 염료용출 및 착색패턴 변화는 렌즈전면을 주사전자현미경으로 촬영한 후 인공 땀 노출 전후를 비교하여 확인하였다. **결과:** 설문조사 결과 소프트렌즈를 착용하고 운동 시 분비되는 땀에 눈과 렌즈가 노출되었을 때 자각증상이 더 심해지는 것으로 나타났다. 인공 땀에 의한 소프트렌즈의 파라미터 변화는 렌즈 재질, 이온성 여부, 착색여부 등에 따라 상이하였으나 광투과율에는 크게 영향을 미치지 않았다. 고탍수 이온성 재질의 렌즈는 착색여부에 관계없이 인공 땀 노출에 의해 식약처 허용오차 기준을 초과하는 변화를 보이는 렌즈 파라미터가 가장 많았다. 인공 땀에 의한 실리콘하이드로겔 렌즈의 파라미터 변화가 하이드로겔 렌즈보다 전반적으로 작은 경향을 나타내었으나 delefilcon A 재질 렌즈는 함수율이, somofilcon A 재질 렌즈는 굴절력이 식약처 허용오차 기준을 벗어났다. 한편 동일 재질의 투명 및 써클렌즈의 경우는 곡률반경과 전체직경은 투명렌즈에서, 굴절력, 중심두께 및 함수율은 써클렌즈에서 적은 변화를 나타내었다. 써클렌즈의 염료용출과 착색패턴 변화는 샌드위치 공법으로 제조되지 않은 렌즈에서 나타났다. **결론:** 본 연구 결과 땀을 흘릴 정도의 격렬한 운동을 할 때 소프트렌즈를 착용하여야 한다면 자각증상의 증가와 이로 인한 안구 부작용 및 렌즈 파라미터의 변화를 최소화하기 위하여 착색을 하지 않은 실리콘하이드로겔 재질의 투명렌즈의 착용을 권장하며, 투명렌즈라 하더라도 친수성 표면처리가 되지 않은 실리콘하이드로겔 렌즈의 사용을 권장할 수 있겠다.

주제어: 소프트콘택트렌즈, 인공 땀, 렌즈 파라미터, 렌즈 재질, 써클콘택트렌즈

Appendix

설문지

본 설문지는 운동 시 흘리는 땀과 콘택트렌즈와 관련된 실태를 조사하기 위한 설문지입니다. 객관식으로 되어있으며 해당되는 항목에 O 표시 하십시오. 본 설문결과는 학술적인 용도로만 사용됩니다.

1. 연령층이 어떻게 되십니까?(단 나이로)
 - ① 20대 미만 ② 20대 ③ 30대 ④ 40대
2. 소프트콘택트렌즈를 착용해 본 경험이 있습니까?
 - ① 네 ② 아니오
3. 운동을 한번 할 때 평균적으로 얼마나 하십니까?
 - ① 1시간 미만 ② 1~2시간 ③ 2~3시간 ④ 3시간 이상
4. 운동을 할 때 눈에 땀이 들어간 적이 있습니까?
 - ① 네 ② 아니오
- 4-1. 4번에 대한 답으로 네를 선택하신 경우, 어떠한 증상이 있습니까? (복수선택 가능)
 - ① 통증 ② 작열감 ③ 충혈 ④ 건조감 ⑤ 가려움 ⑥ 이물감 ⑦ 기타
5. 렌즈를 착용한 상태로 운동을 했을 때 눈에 땀이 들어간 적이 있습니까?
 - ① 네 ② 아니오
- 5-1. 5번에 대한 답으로 네를 선택하신 경우, 어떠한 증상이 있습니까? (복수선택 가능)
 - ① 통증 ② 작열감 ③ 충혈 ④ 건조감 ⑤ 가려움 ⑥ 이물감 ⑦ 기타