ISSN(print) 1226-5012
J Korean Ophthalmic Opt Soc. 21(4):341-350, December 2016
http://dx.doi.org/10.14479/jkoos.2016.21.4.341

The Change of Circle Contact Lenses Exposed to Indoor Swimming Pool Water

So Ra Kim[1], Kyeong Eun Lee[1], So Jin Lee[1], Ji Youn Kwon[1], Sang Hee Park[2], and Mijung Park[1,*]

[1]Dept. of Optometry, Seoul National University of Science and Technology, Seoul 01811, Korea
[2]Dept. of Optometry, Kaya University, Gimhae 50830, Korea
(Received November 3, 2016: Revised December 9, 2016: Accepted December 12, 2016)

Purpose: Aims of this study was to investigate the usage pattern of contact lenses in indoor swimming pool and to analyze the change of refractive power, water content and pigmented surfaces of circle contact lenses when exposed to swimming pool water. **Methods:** A questionnaire survey on the use of contact lenses in swimming pools was conducted for one hundred forty male and female (male 30, female 110) in their teen and twenties. Six types of circle contact lenses were exposed to swimming pool water for 2, 4, and 6 hours, respectively and then their refractive power and water content were measured. The change of pigmented surfaces was further observed by a scanning electron microscope. **Results:** From the survey, it was revealed that 64.1% of contact lenses wearers had worn contact lenses in swimming pools and 53.8% of them had used circle contact lenses. Among the respondents, 71.4% had used swimming pools while wearing non-disposable contact lenses, 93.9% complained subjective symptoms, and 51.0% of them answered they had worn used contact lenses in swimming pools. There was a statistically significant change in refractive power of circle contact lenses when exposed to swimming pool water. However, it was confirmed that the change of refractive power according to exposure time was not significant since its change was within the allowable range of error of ±0.25 D provided by the manufacturer. Relatively large decrease in water content of circle contact lenses with a water content of more than 50% was shown when exposed to the swimming pool water. The roughness of tinted surfaces and the indistinction of brightness and peripheral tinted zone were observed when the circle contact lenses manufactured not by sandwich method were exposed to the swimming pool water. **Conclusions:** Even though the tinted surfaces and water content were affected by exposure to swimming pool water, many contact lens wearers had used circle contact lenses in swimming pools. Therefore, wearing circle contact lenses in swimming pools should be controlled however, if be inevitable, wearing circle contact lenses with low water content manufactured by the sandwich method may reduce the problems.

Key words: Circle soft contact lens, Swimming pool, Status usage of contact lenses, Water content, Refractive power, Tinted surface

서 론

오늘날의 콘택트렌즈는 편의성과 다양성 측면에서 나날이 발전하고 있어 여가활동이 많은 현대인의 생활에서 효율적으로 사용되고 있다. 예를 들면 큰 직경의 콘택트렌즈는 격렬한 신체활동 중에서도 안전성을 유지할 수 있으며 이러한 큰 직경의 콘택트렌즈의 착용은 산소투과도가 높은 렌즈 재질의 개발로 인해 가능하게 되었다.[1] 또한 1회용 콘택트렌즈의 등장으로 관리가 자유롭다는 점에서 많은 사람들이 레저활동 시 콘택트렌즈를 유용하게 사용하고 있으며, 가시아메바와 같은 미생물 감염으로 인해 야외 물놀이나 실내수영장에서의 사용이 금기시 되고 있는 장소에서도 콘택트렌즈 착용이 상대적으로 안전하게 되었다.[2,3]

그러나 눈에 대한 감염뿐만 아니라 일반적인 수인성 감염 방지를 위해 수영장 물의 소독은 반드시 필요한 과정이며 대부분의 수영장에서는 뛰어난 살균력 그리고 경제성 때문에 염소를 이용한 소독법을 사용하고 있다. 염소소독법에서 사용되는 소독제로는 이산화염소(ClO_2), 차아염소산칼슘($Ca(ClO)_2$), 차아염소산나트륨(NaClO) 등이 있다.[4] 수영장에서 사용하는 이러한 소독제는 눈 따가움 증상을 유발하거나 머리카락 및 수영복 등이 탈색되는 현상을 유발하는 것으로 알려져 있다.[5] 수영장 물의 암모니아와 염

*Corresponding author: Mijung Park, TEL: +82-2-970-6228,, E-mail: mjpark@seoultech.ac.kr
본 논문의 일부내용은 2016년도 한국안광학회 동계학술대회에서 구연으로 발표되었음.

소의 반응에 의해서 생기는 클로라민은 안구, 피부 등에 자극적이므로 눈이 쑤시고 충혈 되는 자극성 결막염과 급성 결막염을 발생시키기도 하고 알레르기반응을 일으킬 수 있다.[4] 콘택트렌즈를 착용한 채 수영장 물에 노출되었을 때 소독성분이 콘택트렌즈에 흡수되어 지속적으로 눈을 자극할 가능성이 있다. 또한 반응성이 강한 수영장 소독제 성분으로 인해 콘택트렌즈 폴리머의 분해나 변화가 유발되어 콘택트렌즈 고유의 주요한 파라미터에 변형이 일어날 수 있다.[6-9] 더욱이 착색염료가 표면 혹은 내부에 부착되어 있는 써클콘택트렌즈의 경우는 수영장의 소독제로 인해 착색염료의 용출 가능성도 있을 것으로 보인다. 용출된 염료가 각막에 직접 닿게 되면 자극감을 유발하여 염증을 일으킬 수 있을 뿐만 아니라 산소투과도 또한 낮아질 수 있다.[10]

써클콘택트렌즈를 대상으로 한 연구들에는 투명 및 써클콘택트렌즈가 눈물막 안정성에 미치는 영향,[11] 써클콘택트렌즈의 염료 용출 여부,[10] 일회용 써클소프트렌즈의 초과 착용에 의한 광투과율 변화,[12] 산소투과도 및 중심두께와 pH 변화와의 상관관계[13] 등과 같이 써클콘택트렌즈 착용 시에 유발될 수 있는 문제점과 관련된 연구들이 진행된 바 있다. 써클콘택트렌즈는 투명콘택트렌즈와 비교하여 착색여부만이 다르다고 생각할 수 있으나 실제로 착색과정이나 착색제 포함으로 인해 콘택트렌즈 표면의 거칠기 변화나 산소투과도와 같은 특성의 변화가 초래될 수 있으며, 염료의 용출이 우려되는 일상의 생활 조건들이 존재하게 된다.

따라서 본 연구에서는 염료용출의 가능성이 큰 일상의 생활 조건인 수영장에서의 써클콘택트렌즈 사용 실태를 파악하고 소독제가 함유되어 있는 수영장 물에 써클콘택트렌즈가 직접 노출되었을 때의 굴절력, 함수율 및 착색부분과 표면의 변화를 알아보아 수영장 물에 노출되었을 때의 문제점에 대해 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 설문조사 대상

10대 및 20대 남녀를 무작위로 한 140명(남자 30명, 여자 110명)을 대상으로 2015년 3월 20일부터 2015년 7월 20일까지 수영장에서의 콘택트렌즈 사용실태에 대한 설문조사를 실시하였다.

2. 실험 렌즈 및 수영장 물에 대한 노출 조건

서로 다른 제조사에서 제조한 6종의 써클콘택트렌즈를 실험대상으로 하였다. 렌즈도수는 –3.00 D, 착색 색상은 검은색으로 통일하였다(Table 1). 수영장 물은 서울특별시 노원구민체육센터의 수영장 물을 채취하여 사용하였으며 수영장 수질은 Table 2와 같은 기준으로 관리되고 있었다(Table 2). 써클콘택트렌즈를 수영장 물에 노출시키는 실험을 하기 직전에 수영장에서 물을 채취하여 실제로 수영장에서 사용되고 있는 물의 상태를 보존하여 실험을 실시하였다. 실험에 사용된 수영장 물의 수질 현황은 잔류염소량은 0.6 ppm이며 수소이온농도는 7.1, 욕수 순환횟수 6회로 모두 기준치에서 벗어나지 않은 상태였다. 써클콘택

Table 2. The quality state of swimming pool water in Nowon-gu citizens' sports center

Inspection items	Criteria	Results
Turbidity	less than 1.5 NTU	0.4
pH	pH 5.8 ~ 8.5	7.1
Uses of $KMnO_4$	less than 12 mg/L	1.6
Coliform bacteria	less than 2 positive tubes / 5 tested tubes	0.0

Table 1. The specification of circle contact lenses tested

Parameters	Contact lens I	Contact lens II	Contact lens III	Contact lens IV	Contact lens V	Contact lens VI
Manufacturer	ACUVUE	Bausch&Lomb	Interojo	Bescon	PolyTouch	T.Top
Product name	Define accent	Naturelle pure black	Clalen iris jazz black	Freeteen sense	Magic eye black	Tattoo black
Replacement schedule	1 day	1 day	1 day	6 months	6 months	6 months
USAN	etafilcon A	hilafilcon B	metafilcon A	poly HEMA	-	-
Pigmentation method	Sandwich	Micro encapsulation	Dual safety shield layers	-	-	-
Base curve (mm)	8.5	8.6	8.6	8.6	8.6	8.5
Water content (%)	59	59	55	38	-	-
Color additives	Iron oxide, Blue hema, Titanium dioxide	-	-	-	FDA listed color additives	-

트렌즈 수화에 사용된 생리식염수(Lens shower, 씨엘윅스, Korea)는 염화나트륨(주성분), 염화벤잘코늄, 멸균정제수로 구성되어 있었다.

6종의 써클콘택트렌즈를 2, 4, 6시간동안 수영장 물에 각각 8개씩 침착시켰으며 정해진 시간이 지난 후 생리식염수에 다섯 번 헹구어 남아있는 수영장 물의 성분을 제거하고 세척한 후 써클콘택트렌즈를 생리식염수에 1시간 이상 수화시켜 수영장 물 성분을 제거한 뒤 실험을 진행하였다.

3. 굴절력 및 함수율 측정

콘택트렌즈 표면의 물기를 제거 후 자동렌즈미터(CL-100, Topcon, Japan)의 측정 단위를 0.01 D 단위로 설정하여 써클콘택트렌즈의 굴절력을 측정하였다. 함수율은 식품의약품안전처의 콘택트렌즈 기준규격 시험법의 조건에서 오븐을 사용한 건중량으로 수분 함량을 결정하는 중량측정법에 따라 측정하였다. 수영장 물에 노출된 써클콘택트렌즈를 수화시킨 뒤, 렌즈 표면의 물기를 제거하고 전자저울(PAG214C, Ohaus, USA)로 건조 전 렌즈 무게를 측정하였으며, 100ºC의 오븐(Gravity-air Ovens, Daihan, Korea)에서 18시간 건조 후 렌즈 무게를 측정하였다. 함수율은 아래의 공식을 이용하여 값을 구하였다.

$$W_{H_2O} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

(m_1 :건조 전 렌즈무게, m_2: 건조 후 렌즈무게)

4. 써클콘택트렌즈의 착색 부분 관찰

수영장 물에 의한 써클콘택트렌즈 착색부분의 탈색정도를 관찰하기 위하여 주사전자현미경(Hitachi S-4200, Hitachi, Japan)을 이용하여 50배, 500배 및 2000배로 확대하여 관찰하였다.

5. 통계 처리

결과는 평균±표준편차로 표시하였고 SPSS 18.0 K for Window를 사용하여 분석하였다. 수영장 물에 노출시키지 않은 써클콘택트렌즈와 시간대 별로 노출시킨 써클콘택트렌즈의 파라미터 변화의 통계적 유의성은 paired T-test로 검증하였다. 유의확률이 0.05이하일 경우 통계적으로 유의한 것으로 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 수영장에서의 써클콘택트렌즈 사용실태

10, 20대 총 140명(남자 30명, 여자 110명)을 대상으로 조사한 결과 64.1%가 콘택트렌즈를 착용한 채 수영장을 이용한 경험이 있다고 응답하였으며(Table 3), 그 중 53.8%가 써클콘택트렌즈를 착용하였다고 응답하였다(Fig. 1). 이 중 써클콘택트렌즈 이용 경험자인 49명을 대상으로 한 조사에서 수영장에서 사용했던 써클콘택트렌즈는 원데이렌즈 28.6%, 2주착용렌즈 12.2%, 1개월~3개월 렌즈 36.7%, 장기간착용렌즈(6개월이상) 22.4%이었다(Fig. 2). 수영장에서 써클콘택트렌즈를 착용한 평균시간은 1시간 미만 0%, 1~2시간 14.3%, 2~4시간 32.7%, 4~6시간 24.5%, 6시간 이상 28.6%이었다(Fig. 3). 수영장에서 써클콘택트렌즈를 착용하였을 때의 자각증상은 49명 중 46명(93.9%)이 느꼈으며(Table 3), 건조함 32.6%, 이물감 34.8%, 충혈 28.3%, 기타(렌즈 이동) 4.3%이었다(Fig. 4). 수영장에서 착용한 렌즈를 재사용한 경험이 있는 사람은 51.0% 이었

Table 3. Usage state of circle contact lenses in swimming pools

Questionnaire	Yes(%)	No(%)
Swimming pool experiences with contact lenses.	64.1	35.9
Subjective symptoms for circle contact lens wearers at the swimming pool.	93.9	6.1
Experiences of re-used contact lenses that worn at the swimming pool.	51.0	49.0
Subjective symptoms for circle contact lens wearers when re-used contact lenses that worn at the swimming pool.	72.7	27.3

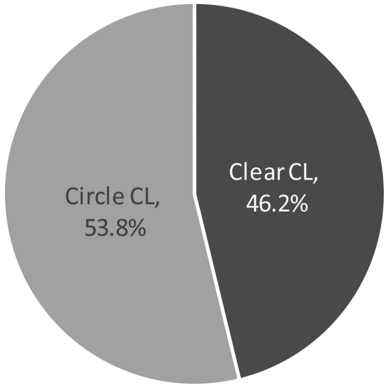

Fig. 1. Types of contact lenses worn in swimming pools.

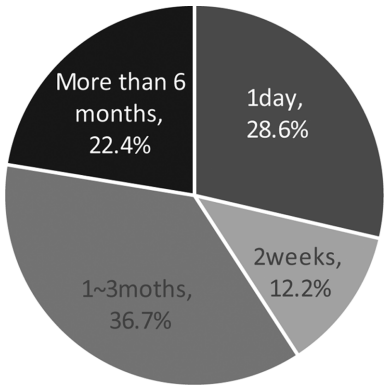

Fig. 2. Replacement schedule of circle contact lenses worn.

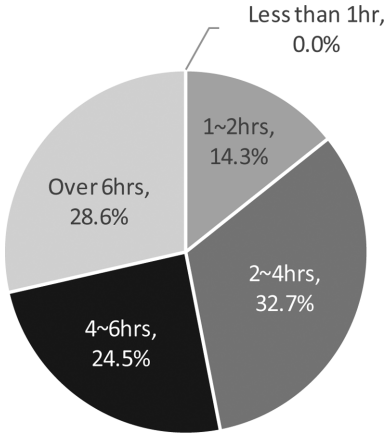

Fig. 3. Exposure time of circle contact lenses to the swimming pool water.

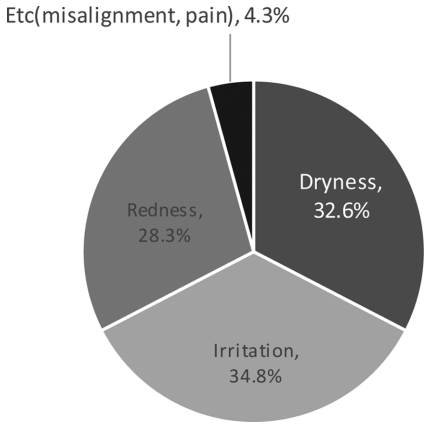

Fig. 4. Subjective symptoms when wearing circle contact lenses in the swimming pool.

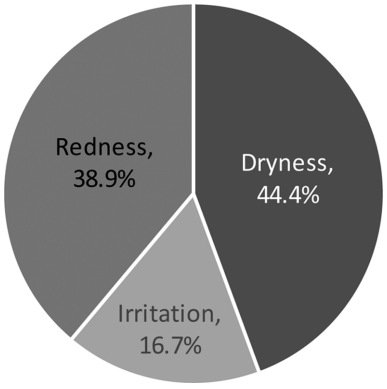

Fig. 5. Subjective symptoms when wearing used contact lenses in the swimming pool.

고(Table 3), 재사용 시 자각증상은 72.7%에서 느꼈다(Table 3). 자각증상은 건조함 44.4%, 충혈 38.9%, 이물감 16.7% 순 이었다(Fig. 5).

2. 굴절력 변화 측정 결과

수영장 물에 2, 4, 6시간 노출시킨 후 써클콘택트렌즈

Table 4. Statistical analysis for the change of refractive power of circle contact lenses according to exposure time to the swimming pool water

Contact lens	Refractive power (D)			
	Before exposure	After exposure		
		2 hrs	4 hrs	6 hrs
I	−2.97±0.06	−2.99±0.10	−3.08±0.11	−2.97±0.07
II	−3.00±0.00	−2.94±0.09	−2.90±0.07*	−2.90±0.05*
III	−2.86±0.02	−2.87±0.06	−2.95±0.04*	−2.94±0.07
IV	−2.97±0.08	−2.99±0.04	−2.91±0.07	−3.00±0.09
V	−3.04±0.06	−3.04±0.11	−2.99±0.04	−2.96±0.07
VI	−2.96±0.07	−3.10±0.16	−3.15±0.15*	−3.16±0.06*

Values were expressed as mean±SD.
*, $p < 0.05$, Significantly different from the value of before exposure

굴절력의 변화를 수영장 물에 노출되지 않은 써클콘택트렌즈의 굴절력과 비교하여 알아보았다. I렌즈는 수영장 물에 노출되기 전 −2.97 D였으며 2, 4, 6시간 동안 노출된 후에는 각각 −2.99 D, −3.08 D, −2.97 D로 통계적으로 유의하지 않은 변화값을 보였다. II렌즈는 수영장 물 노출 전 측정값이 −3.00 D였으며 수영장 물에 노출 시에는 각각 −2.94 D, −2.90 D, −2.90 D로 수영장 물 노출로 인해 굴절력이 통계적으로 유의하게 감소하였다. III렌즈의 노출 전 굴절력은 −2.86 D였으며, 수영장 물에 노출 시간에 따라 각각 −2.87 D, −2.95 D, −2.94 D로 통계적으로 유의하게 증가하였으며, IV렌즈는 노출 전 −2.97 D에서 수영장 물에 노출 시 각각 −2.99 D, −2.91 D, −3.00 D로 굴절력의 변화가 나타나지 않았다. V렌즈는 노출 전 −3.04 D에서 수영장 물 노출 시간에 따라 각각 −3.04 D, −2.99 D, −2.96 D 로 통계적으로 유의하게 감소하였으며 VI렌즈는 노출 전 −2.96 D에서 수영장 물에 노출 시간에 따라 각각 −3.10 D, −3.15 D, −3.16 D로 통계적으로 유의한 굴절력 증가를 보였다(Table 4).

3. 함수율

수영장 물에 노출시키지 않은 써클콘택트렌즈와 2, 4, 6시간 동안 노출시킨 써클콘택트렌즈의 함수율을 비교·분석하였다.

I렌즈를 수영장 물에 노출시키기 전의 함수율은 56.9%였으며, 수영장 물에 2, 4, 6시간 노출 시에 각각 56.7%, 56.2%, 55.2%로 감소하는 경향을 보였다. II렌즈를 수영장 물에 노출하기 전의 함수율 측정값은 57.2%였으며, 수영장 물에 2, 4, 6시간 노출 시의 함수율은 각각 55.5%, 55.4%, 55.1%로 함수율이 감소하였으며, 노출되기 전의 함수율과 비교하였을 때 통계적으로 유의한 감소를 보였

Table 5. Statistical analysis for the change of water content of circle contact lenses according to exposure time in the swimming pool water

Contact lens	Water content (%)			
	Before exposure	After exposure		
		2 hrs	4 hrs	6 hrs
I	56.93±0.52	56.71±0.62	56.15±0.29	55.20±0.68
II	57.15±0.32	55.49±0.25*	55.42±0.38*	55.11±0.29*
III	54.85±0.28	53.46±0.26	53.00±0.07*	51.82±0.09*
IV	35.23±0.46	33.73±0.40	36.78±0.16	35.92±0.16
V	33.35±0.07	34.81±0.12*	34.72±0.17*	33.72±0.36
VI	37.55±0.05	36.65±0.23	36.37±0.35*	35.84±0.24*

Values were expressed as mean ± SD.
*, $p < 0.05$, Significantly different from the value of before exposure

다. 수영장 물에 노출되기 전의 III렌즈의 함수율 측정값은 54.9%였으며, 수영장 물에 2, 4, 6시간 노출 시에 각각 53.5%, 53.0%, 51.8%로 통계적으로도 유의한 차이가 나타났다. IV렌즈의 수영장 물 노출 전 함수율 측정값은 35.2%였으며, 수영장 물에 2, 4, 6시간 노출 시에 각각 33.7%, 36.8%, 35.9%로 노출 시간에 따라 함수율 값의 증감이 다르게 나타났다. V렌즈의 수영장 물 노출 전 함수율 측정값은 33.4%였으며, 수영장 물에 2, 4, 6시간 노출 시에는 각각 34.8%, 34.7%, 33.7%로 수영장 물 노출 전 함수율 측정값에 비해 통계적으로 유의한 증가를 보였다. VI렌즈의 수영장 물 노출 전 함수율은 37.6%였으며, 수영장 물에 2, 4, 6시간 노출 시에 각각 36.7%, 36.4%, 35.8%로 감소하였으며 통계적으로 유의한 차이가 났다(Table 5).

4. 착색부분 변화

주사전자현미경을 이용하여 6종의 써클콘택트렌즈 표면을 50배율로 관찰하였다. I렌즈와 V렌즈의 경우 표면에 착색된 염료가 관찰되지 않아 샌드위치 공법으로 착색이 된 것으로 보이며, 수영장 물에 노출되었을 때에도 염료 용출로 인한 표면 변화가 관찰되지 않았다(Fig. 6A, 6B, 6I, 6J). II렌즈는 처리를 하지 않았을 때 염료부분이 선명하고 깨끗하나 6시간 담근 후의 렌즈는 염료부분의 가장자리가 선명하지 않고 흐려져 있는 것을 관찰할 수 있었

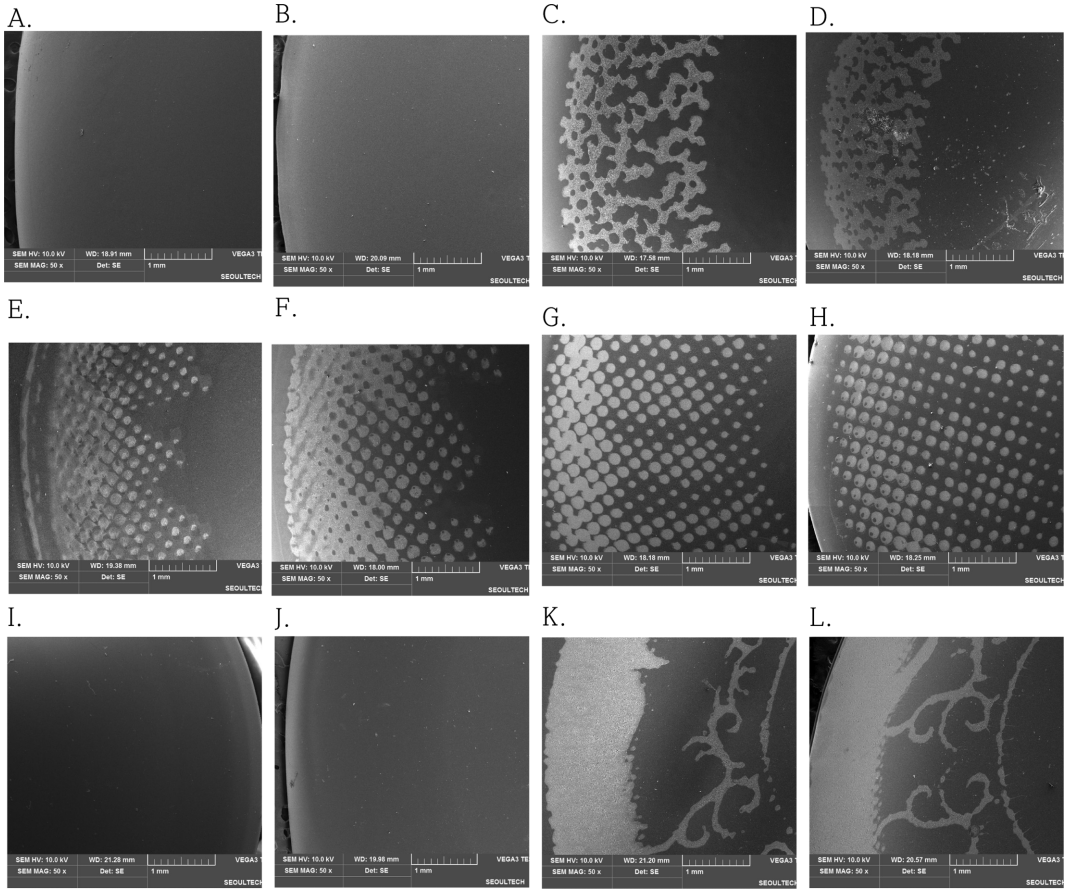

Fig. 6. Pigmented surface of circle contact lenses exposed to the swimming pool water for 6 hrs (x50).
A. contact lens I, not exposed, B. contact lens I, exposed, C. contact lens II, not exposed, D. contact lens II, exposed, E. contact lens III, not exposed, F. contact lens III, exposed, G. contact lens IV, not exposed, H. contact lens IV, exposed, I. contact lens V, not exposed, J. contact lens V, exposed, K. contact lens VI, not exposed, L. contact lens VI, exposed

다(Fig. 6C, 6D). III렌즈는 염료부분의 가운데가 용출되어 동그라미 형태의 가운데가 비어보이는 것을 확인할 수 있으며(Fig. 6E, 6F), IV렌즈 역시 염료부분이 작은 동그라미가 모여 있는 형태인데 6시간 담근 후에는 착색 중간 부분에 구멍 형태로 염료가 용출되어 있었다(Fig. 6G, 6H). 마지막으로 VI렌즈의 경우 가느다란 긴 선 형태로 염료가 용출되어 있었다(Fig. 6K, 6L).

주사전자현미경으로 500배 확대하여 관찰하였을 때, I렌즈와 V렌즈의 경우 샌드위치 공법으로 착색처리를 하여 수영장 물에 의한 염료용출이 관찰되지 않았다(Fig. 7A, 7B, 7I, 7J). II렌즈는 수영장 물에 노출되지 않았을 때는 염료부분의 명암이 균일한 데 비해 6시간 처리한 렌즈의 경우 불균질하며 이물질 부착이 되었음을 관찰할 수 있었다(Fig. 7C, 7D). III렌즈는 노출되기 전에는 착색 부분이 동그란 형태였으나, 수영장 물에 6시간 동안 노출된 후에는 형태가 찌그러졌으며 부분별로 염료가 용출되어 착색 부분이 전체적으로 다른 명암을 가진 것처럼 관찰되었다(Fig. 7E, 7F). IV렌즈는 염료부분의 거칠기를 비교해 보았을 때, 수영장 물에 노출시키지 않은 렌즈는 매끄러운 표면을 보이는데 비해 6시간 처리한 렌즈의 경우 염료가 용출되어 구멍이 생겨 거칠어 보임을 확인할 수 있었다(Fig. 7G, 7H). VI렌즈의 경우 염료부분의 경계를 벗어나 확연히 가느다란 긴 선 형태로 염료가 용출되어 있었다(Fig. 7K, 7L).

주사전자현미경으로 2000배 확대하여 관찰하였을 때에도 샌드위치 공법으로 착색된 I렌즈와 V렌즈의 경우 염료용출이 관찰되지 않았다(Fig. 8A, 8B, 8I, 8J). II렌즈, III렌즈, IV렌즈 모두 수영장 물에 노출되지 않았을 때는 염료부분의 명암이 균일하며 비교적 거칠기가 일정한 데 비해 6시간 동안 수영장 물에 노출된 경우에는 명암이 균일하지 않으며 착색 부분에 따라 거칠기가 다른 것으로 관찰되어 착색부분을 구성하는 염료가 부분적으로 용출되어있음을 알 수 있었다(Fig. 8C~H). VI렌즈의 경우 수영장 물에 노출된 경우에는 착색 표면이 갈라지는 현상이 관찰되었다(Fig. 8K, 8L).

본 연구에서는 수영장에서의 써클콘택트렌즈 사용실태 조사와 더불어 수영장 물에 노출시킨 시간에 따른 굴절력, 함수율 및 주사전자현미경을 이용한 착색 부분 표면과 염

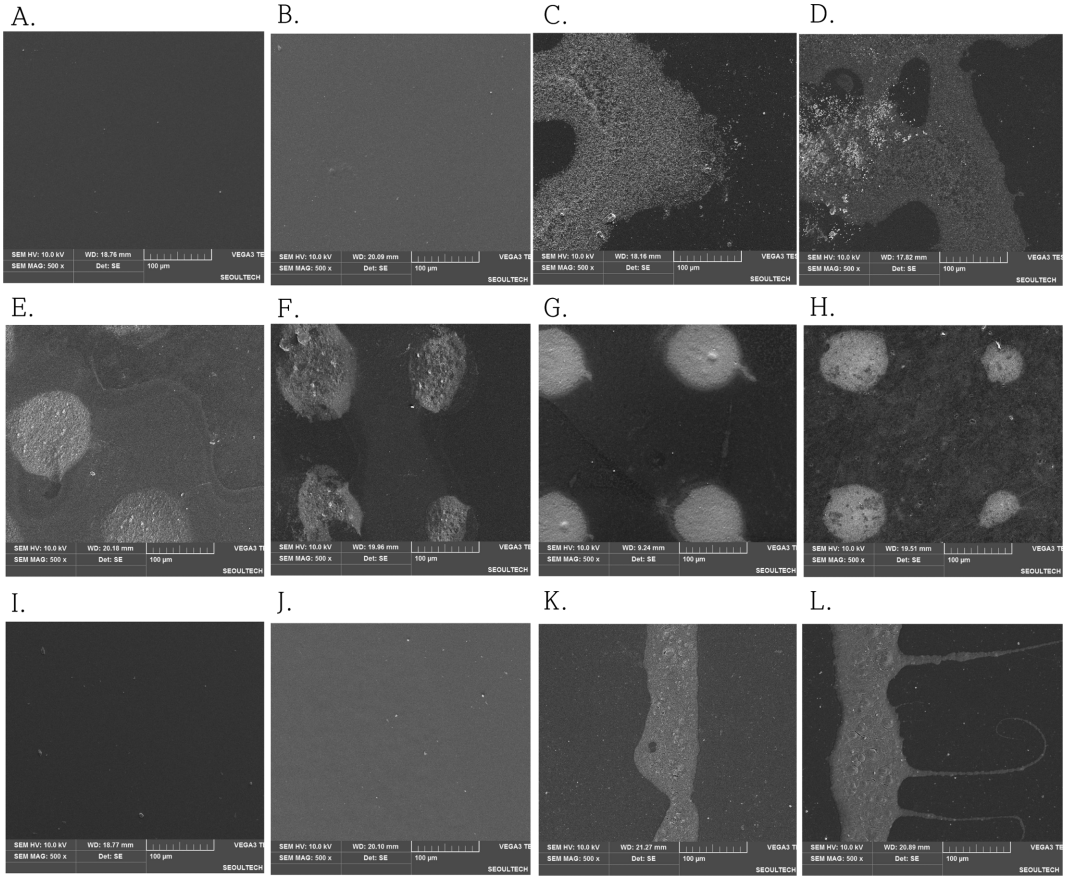

Fig. 7. Pigmented surface of circle contact lenses exposed to the swimming pool water for 6 hrs (x500).
A. contact lens I, not exposed, B. contact lens I, exposed, C. contact lens II, not exposed, D. contact lens II, exposed, E. contact lens III, not exposed, F. contact lens III, exposed, G. contact lens IV, not exposed, H. contact lens IV, exposed, I. contact lens V, not exposed, J. contact lens V, exposed, K. contact lens VI, not exposed, L. contact lens VI, exposed

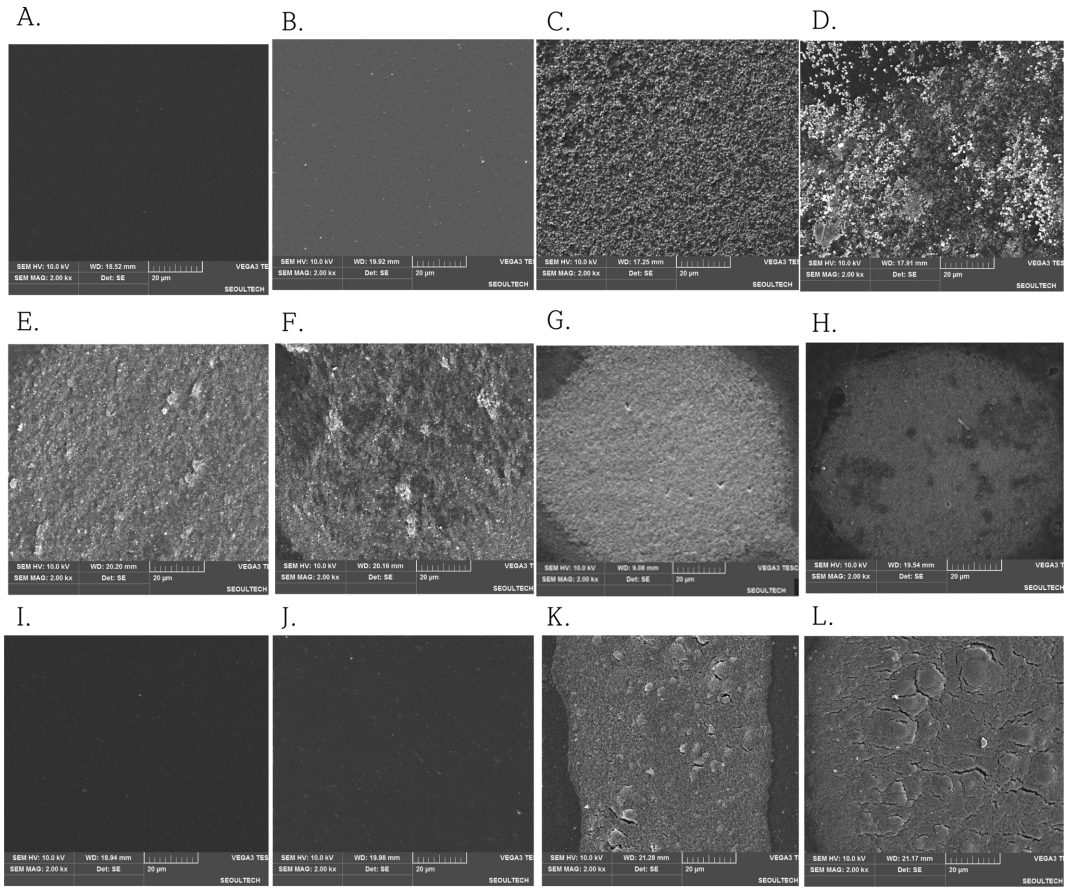

Fig. 8. Pigmented surface of circle contact lenses exposed to the swimming pool water for 6 hrs (x2000).
A. contact lens I, not exposed, B. contact lens I, exposed, C. contact lens II, not exposed, D. contact lens Ⅱ, exposed, E. contact lens III, not exposed, F. contact lens III, exposed, G. contact lens IV, not exposed, H. contact lens IV, exposed, I. contact lens V, not exposed, J. contact lens V, exposed, K. contact lens Ⅵ, not exposed, L. contact lens VI, exposed

료 용출을 관찰하였다.

가시아메바와 같은 병균의 감염을 방지하기 위해 수영장에서의 콘택트렌즈 착용이 금기시 되어있음에도 불구하고 실태조사 대상자 64.1%가 수영장에서 콘택트렌즈를 착용한 경험이 있었다. 이렇게 높은 착용비를 보이는 것은 설문조사 대상의 성별 비율이 여자 78.6%, 남자 21.4%로 여성의 비율이 더 높았으며 여성의 경우 써클콘택트렌즈를 시력교정용뿐만 아니라 미용의 용도로도 착용했을 가능성이 남성보다 더 많았기 때문으로 보인다. 수영장에서 콘택트렌즈를 착용한 경험이 있는 설문 대상 중 53.8%가 써클콘택트렌즈를 사용한 적이 있었다. 또한, 상대적 안전성이 높은 1회용 써클콘택트렌즈가 아닌 그 외의 렌즈 사용률이 71.4%이고 수영장에서 착용한 써클콘택트렌즈를 재사용한 경험이 51.0%인 것으로 보아 수영장에서의 써클콘택트렌즈 착용에 의해 유발될 수 있는 문제점에 대해 써클콘택트렌즈 착용자의 의식이 부족함을 알 수 있었다. 또한 착용시간이 한 시간 미만은 없었으며, 착용시간이 4시간 이상인 경우가 53.1%로 수영장 물에 써클콘택트렌즈가 노출되어 렌즈에 변화가 유발된다면 수영장에서 써클콘택트렌즈를 착용하고 있는 상당 시간동안 착용감 저하나 충혈과 같은 부작용으로 불편감을 겪게 될 가능성이 큰 것으로 나타났다. 가시아메바는 미국에서도 콘택트렌즈 관련 감염 원인 중 큰 비중을 차지하고 있는 것으로 알려져 있으며,[14] 이러한 이유로 인해 관리용품 제조사에서도 가시아메바에 대해 살균력을 향상시키기 위한 노력을 하고 있다.[15-17] 또한, 수영장 물에 의해 곰팡이,[18] 녹농균이나 포도상구균 등과 같은 박테리아에 의한 각막염이 발생하여 다양한 미생물에 의한 감염이 보고되고 있다. 수영장에서 사용한 28개의 렌즈 중 27개에서 포도상 구균이 발견되었으며,[19] 녹농균은 잔류 자유염소가 3.00 ppm 인 환경에서도 존재하는 것으로 나타나 콘택트렌즈를 착용하고 수영장을 이용한 후에 지속적으로 동일 콘택트렌즈를 착용하는 것은 감염의 위험성을 크게 증가시키는 것이므로 주의가 필요하다고 보인다.[20,21]

대부분의 실내 수영장에서는 뛰어난 살균력 그리고 경제성 때문에 염소를 이용한 소독법을 사용하고 있으며, 야

외 수영장의 경우에는 염소 증발이 물보다 빨라 염소잔류량을 유지하기 어렵기 때문에 추가적으로 오존소독을 하게 된다. 염소소독법에서 사용되는 소독제 성분으로는 이산화염소(ClO_2), 차아염소산칼슘($Ca(ClO)_2$), 차아염소산나트륨(NaClO) 등으로 이들 소독제 성분은 수분이 존재할 경우 삼산화염소, 하이포아염소산, 아염소산, 염소산, 과염소산과 같은 산화성 물질이 만들어지며 자유활성기도 만들어져 살균효과를 가지게 된다.[22,23] 이러한 산화성 물질과 자유활성기는 콘택트렌즈 폴리머에도 영향을 미쳐 폴리머의 분해를 초래할 수 있다.[24]

본 연구에서도 수영장 물에 노출됨에 의해 써클콘택트렌즈의 함수율에 변화가 나타났다. I, II, III렌즈는 함수율이 50% 이상인 렌즈였으며, 수영장 물에 노출되었을 때 II렌즈와 III렌즈는 통계적으로 유의한 함수율의 감소가 나타났고, I렌즈는 통계적으로 유의하지 않았지만 함수율이 감소하는 경향으로 나타났다. IV, V, VI렌즈는 함수율이 33%~38% 범위에 있는 렌즈로 수영장물에 노출되었을 때 VI렌즈는 통계적으로 유의한 함수율 감소를 보였고, IV, V렌즈는 노출 시간에 따른 증감폭이 다른 렌즈에 비해 작아 상대적으로 함수율의 변화가 크지 않음을 알 수 있었다. 즉, 써클콘택트렌즈는 수영장 물에 노출된 시간이 증가할수록 함수율의 변화도 통계적으로 유의하게 변하여 수영장의 소독 성분에 의해 써클콘택트렌즈 함수율에 영향을 미칠 수 있는 내부 변화가 유발되었음을 알 수 있었다. 또한, 써클콘택트렌즈에 따라서 함수율이 변하는 정도의 차이가 있는 것으로 나타나 렌즈 재질에 따라 수영장 물에 의한 변형 정도가 다름을 알 수 있었다. 함수율의 저하는 산소투과도에 영향을 미치며,[6,7] 전체직경과 베이스커브 같은 파라미터 변화를 유발시키게 되며,[7,8] 이러한 파라미터 변화는 굴절력 변화까지 유발시킬 가능성이 있다.[9]

실제로 본 연구에서 수영장 물에 노출된 렌즈의 경우 굴절력 변화가 나타나는 것으로 확인되었다. 굴절력 변화 정도는 써클콘택트렌즈의 종류에 따라 달라 저함수렌즈인 VI와 V렌즈는 수영장 물에 노출된 시간에 따라 통계적으로 유의한 굴절력 변화가 나타나지 않았으나, II렌즈는 통계적으로 유의한 굴절력의 감소가 나타났으며, I, III, VI렌즈는 통계적으로 유의한 굴절력의 증가가 나타나 재질적 특성에 의해 수영장 물에 대한 반응이 다름을 알 수 있었다. 그러나 식품의약품안전처의 콘택트렌즈 기준규격에서 –3.00 D 콘택트렌즈의 굴절력 기준오차 범위는 ±0.25 D이며, 본 연구결과에서의 수영장 물에 노출되었을 때의 써클콘택트렌즈의 굴절력 측정값은 모두 허용치를 벗어나지 않은 미미한 수준의 변화이므로 실제로 6시간 정도의 수영장 물 노출에 의해서는 착용자가 인지할 정도의 굴절력 변화는 발생하지 않음을 확인할 수 있었다.

써클콘택트렌즈의 경우는 표면 혹은 내부에 착색 염료가 부착되어 있으므로 반응성이 강한 소독 성분에 의해 이들 염료가 영향을 받을 가능성이 있어 주사전자현미경으로 표면을 관찰한 결과 I렌즈와 V렌즈의 경우 샌드위치 공법으로 염료를 착색하여 염료 용출 등이나 표면의 거칠기 변화가 관찰되지 않았지만 나머지 렌즈의 경우에는 수영장 물에 노출시키지 않은 렌즈와 6시간동안 노출시킨 렌즈의 착색부분에서 거칠기와 염료 용출과 같은 변화가 확인되었다. 미국 FDA(Food and Drug Administration)와 식품의약품안전처에서 써클콘택트렌즈에 사용 가능한 염료로 허가되었더라도 눈에 용출될 것을 전제로 허가가 된 것이 아니기 때문에 iron oxide 등과 같이 자극감을 유발하는 성분들이 사용 가능한 염료에 포함되어 있다.[10] 이렇게 눈에 자극감을 유발하는 염료가 착색되어 있는 써클콘택트렌즈를 착용한 채 수영장 물에 노출되었을 때 염료의 용출이 유발된다면 써클콘택트렌즈 착용자는 자극감을 느낄 수 있을 것으로 보인다. 렌즈I은 iron oxide를 함유하고 있으나 샌드위치 공법으로 제조되어 수영장 물에 의해 염료가 용출될 확률은 낮을 것으로 예상된다. 다른 써클콘택트렌즈의 경우에는 제조사에서 착색염료에 대한 정보를 제공하고 있지 않아 이에 대한 확인이 불가능하였으며, 샌드위치 착색공법을 사용한 써클콘택트렌즈를 제외하고는 모두 수영장 물에 의해 염료의 부착 형태 변화가 관찰되었다.

샌드위치 착색공법을 사용하지 않은 써클콘택트렌즈의 경우는 수영장 물에 노출되었을 때 착색 부분 표면이 거칠고 명암이 불분명하여 수영장 물에 노출되지 않은 써클콘택트렌즈의 착색부분의 표면 거칠기가 매끄럽고 착색부분이 염료로 채워져 있는 것과는 대조적이었다. 실태조사에서 수영장에서 사용한 콘택트렌즈를 재 착용 시 34.8%의 응답자가 이물감을 느꼈다고 응답한 것을 미루어 보아 이러한 표면 변화가 렌즈 착용자의 자각증상에 영향을 미쳤을 가능성이 있을 것으로 보인다.

결 론

실태조사에서 수영장에서 콘택트렌즈를 착용한 경험이 있는 경우가 64.1%에 달하였으며, 그 중에서 써클콘택트렌즈를 착용하는 경우가 53.8%로 나타났다. 수영장에서의 써클콘택트렌즈 착용시간은 1시간 미만 0%, 1~2시간 14.3%, 2~4시간 36.7%, 4~6시간 24.5%, 6시간 이상 28.6%이었으며, 93.9%의 응답자가 자각증상을 호소하였고, 수영장에서 사용한 써클콘택트렌즈를 재착용하는 경우도 51.0%에 달하였다. 6종의 써클콘택트렌즈를 수영장 물에 의해 2, 4, 6시간 동안 노출시켰을 때 써클콘택트렌즈의

재질에 따라 굴절력 변화의 차이가 나타났으나, 굴절력 변화량은 모두 제조사의 허용오차 범위인 ±0.25 D에서 벗어나지 않아 노출 시간에 따른 굴절력의 변화는 크지 않음을 확인하였다. 함수율이 50% 이상인 써클콘택트렌즈는 수영장 물에 노출되었을 때 통계적으로 유의한 함수율의 감소가 나타났으며, 함수율이 33~38%인 써클콘택트렌즈에 비해 상대적으로 더 큰 함수율의 감소를 보였다. 써클콘택트렌즈의 착색부분을 주사전자현미경으로 관찰하였을 때 샌드위치 공법으로 착색한 두 종류의 렌즈에서는 염료용출로 인한 변화를 관찰할 수 없었으며 나머지 네 종류의 렌즈는 수영장 물에 노출되지 않은 렌즈에 비해서 6시간 노출된 렌즈가 염료부분의 거칠기, 명암, 가장자리 부분 염료의 불분명한 변화가 관찰되었다.

이상의 결과로부터 수영장 물에 의해서 굴절력 및 함수율의 변화가 나타났으며, 샌드위치 공법을 제외한 다른 착색 공법의 써클콘택트렌즈의 경우는 염료 용출이 나타날 수 있으므로 수영장에서도 써클콘택트렌즈를 착용하는 경우가 많은 현 상황에서 써클콘택트렌즈 착용 시 파라미터의 변형이 적으면서 샌드위치 공법으로 착색된 써클콘택트렌즈의 사용이 적합함을 제안하며, 써클콘택트렌즈 착용으로 발생할 수 있는 문제점에 대한 인식이 필요하다고 보인다.

감사의 글

본 연구는 2016년도 서울과학기술대학교 교내 학술 연구비로 수행되었습니다.

REFERENCES

[1] Szczotka-Flynn L. Looking at silicone hydrogels across generations, 2008. http://www.optometricmanagement.com/articleviewer.aspx?articleid=101727(1 November 2016).
[2] Gang IG. Contact lens should be prohibited in the water park, 2014. http://www.moneyweek.co.kr/news/mwView.php?type=1&no=2014070116558069016&outlink=1(10 October 2016).
[3] Walline JJ. Pediatric and teen CL care-swimming and contact lenses, 2014. http://www.clspectrum.com/articleviewer.aspx?articleID=111217(12 October 2016).
[4] Park BB. A comparative study on treatments of swimming pool water. Master Thesis. Dankook University, Seoul. 2002;25-26.
[5] Park BB. A comparative study on treatments of swimming pool water. Master Thesis. Dankook University, Seoul. 2002;15.
[6] Tranoudis I, Efron N. Water properties of soft contact lens materials. Cont Lens Anterior Eye. 2004;27(4):193-208.
[7] Brennan NA, Efron N, Truong VT, Watkins RD. Definitions for hydration changes of hydrogel lenses. Ophthalmic Physiol Opt. 1986;6(3):333-338.
[8] Janoff LE. The consequence of temperature change on hydrophilic lens base curve in gels of varying water content. Int Contact Lens Clin. 1982;9:228-232.
[9] Fatt I, Chaston J. The response of vertex power to changes in dimensions of hydrogel contact lenses. Int Contact Lens Clin. 1981;8(1/2):22-28.
[10] Kim SR, Kang U, Seo BM, Park M. A study one dye elution from the circle contact lenses. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2014;19(2):171-177.
[11] Lee S, Hyung SM, Koh SH, Park M, Kim SR. The effect of circle contact lens on the stability of tear film. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2015;20(2):125-131.
[12] Park M, Kwon HL, Choi SA, Kim SR. Changes in subjective/objective symptoms and the light transmissibility of lens associated with overusage of daily disposable circle contact lenses in normal eyes. J Korean Ophthalmic Opt Soc. 2013;18(4):429-439.
[13] Park JY. The correlations between oxygen transmissibility and central thickness of clear and circle contact lenses made of identical material and pH change. Master Thesis. Seoul National University of Science and Technology, Seoul. 2014;48-49.
[14] Tu EY, Joslin CE. Recent outbreaks of atypical contact lens-related keratitis: what have we learned?. Am J Ophthalmol. 2010;150(5):602-608.
[15] Uno T, Ohashi Y, Nomachi M, Imayasu M. Effects of multipurpose contact lens care solutions on the adhesion of Acanthamoeba to silicone hydrogel contact lenses. Cornea. 2012;31(10):1170-1175.
[16] Kilvington S, Huang L, Kao E, Powell CH. Development of a new contact lens multipurpose solution: comparative analysis of microbiological, biological and clinical performance. J Optom. 2010;3(3):134-142.
[17] Borazjani RN, Kilvington S. Efficacy of multipurpose solutions against Acanthamoeba species. Cont Lens Anterior Eye. 2005;28(4):169-175.
[18] Lelievre L, Borderie V, Garcia-Hermoso D, Brignier AC, Sterkers M, Chaumeil C et al. Imported pythium insidiosum keratitis after a swim in Thailand by a contact lens-wearing traveler. Am J Trop Med Hyg. 2015;92(2):270-273.
[19] Choo J, Vuu K, Bergenske P, Burnham K, Smythe J, Caroline P. Bacterial populations on silicone hydrogel and hydrogel contact lenses after swimming in a chlorinated pool. Optom Vis Sci. 2005;82(2):134-137.
[20] Mena KD, Gerba CP. Risk assessment of Pseudomonas aeruginosa in water. Rev Environ Contam Toxicol. 2009;201:71-115.
[21] Price D, Ahearn DG. Incidence and persistence of Pseudomonas aeruginosa in whirlpools. J Clin Microbiol.

1988;26(9):1650-1654.
[22] Lee GJ, Hong JE, Pyo HS, Park SJ, Yu JG, Lee DU. A study on formation pattern of DBPs by disinfection of drinking raw water. Anal Sci Technol. 2003;16(3):249-260.
[23] Choi YW. Determination of total chlorine residuals by flow injection analysis. J Korean Chem Soc. 1999;43(4):430-437.
[24] Ahn JH, Jeon YS, Chung DJ, Kim JH. Preparation and swelling behavior of stimuli-responsive PHEMA hybrid gels. Polym Kor. 2011;35(1):94-98.

실내수영장 물 노출에 의한 써클콘택트렌즈의 변화

김소라[1], 이경은[1], 이소진[1], 권지연[1], 박상희[2], 박미정[1,*]
[1]서울과학기술대학교 안경광학과, 서울 01811
[2]가야대학교 안경광학과, 김해 50830
투고일(2016년 11월 3일), 수정일(2016년 12월 9일), 게재확정일(2016년 12월 12일)

목적: 본 연구에서는 수영장에서의 써클콘택트렌즈 사용 실태를 알아보고, 수영장 물에 써클콘택트렌즈가 노출되었을 때 굴절력, 함수율 및 착색 부분의 변화를 분석하고자 하였다. **방법:** 10대 및 20대 남녀 140명을 대상(남자 30명, 여자 110명)으로 수영장에서의 콘택트렌즈 사용 실태 조사를 설문을 통하여 실시하였다. 또한 6종의 써클콘택트렌즈를 수영장 물에 2, 4, 6시간 동안 노출시킨 후 굴절력과 함수율을 측정하였으며, 주사전자현미경 관찰을 통해 착색부분의 변화를 알아보았다. **결과:** 실태조사 결과에서 64.1%가 콘택트렌즈를 착용한 채 수영장을 이용한 경험이 있으며 그 중 53.8%가 써클콘택트렌즈를 착용한 것으로 나타났다. 71.4%의 응답자가 1회용렌즈가 아닌 렌즈를 착용한 채로 수영장을 이용하였으며, 93.9%의 응답자가 자각증상을 호소하였으며 사용한 렌즈를 재사용한 경험이 있다는 응답자가 51.0%를 차지하였다. 수영장 물에 노출됨에 따라서 써클콘택트렌즈 중에서는 통계적으로 유의한 굴절력 변화가 나타난 경우가 있었으나 제조사의 허용오차 범위인 ±0.25 D에서 벗어나지 않아 노출 시간에 따른 굴절력의 변화는 크지 않음을 확인하였다. 함수율이 50%가 넘는 써클콘택트렌즈에서 수영장 물 노출시에 함수율 감소 정도가 상대적으로 더 큰 것으로 나타났다. 착색공법이 샌드위치 공법이 아닌 써클콘택트렌즈는 수영장 물에 의한 착색 부분 표면의 거칠기, 명암, 가장자리부분 염료의 불분명함이 관찰되었다. **결론:** 수영장 물 노출에 의해 함수율 및 착색부분의 변화가 있음에도 불구하고 수영장에서 써클콘택트렌즈를 착용하는 경우가 많았다. 이에 수영장에서의 써클콘택트렌즈의 착용을 자제해야하며 불가피하게 이용해야 할 시에는 저함수율의 샌드위치 공법의 써클콘택트렌즈를 착용하는 것이 문제점을 줄일 수 있을 것으로 보인다.

주제어: 써클콘택트렌즈, 수영장, 콘택트렌즈 사용실태, 함수율, 굴절력, 착색 표면